



Environment
Canada

Environnement
Canada



Canada

CLIMATE CHANGE DIGEST

CCD 87-01 Canadian Climate Impacts Program

CCD 87-02 Implications of Climatic Change for
Agriculture in Ontario



Environment
Canada

Environnement
Canada

**IMPLICATIONS OF CLIMATIC CHANGE
FOR AGRICULTURE IN ONTARIO**

A Summary of Land Evaluation Group Reports

**Phase I - Socio-Economic Assessment of the Implications of
Climatic Change for Food Production in Ontario
(Publication No. LEG-22)**

**Phase II - Implications of Climatic Change and
Variability for Ontario's Agri-Food Sector
(Publication No. LEG-26)**

Prepared for

**Climate Change Digest
Atmospheric Environment Service**

Submitted by

**Barry Smit
Land Evaluation Group
University of Guelph
Guelph, Ontario**

April 1987

DISCLAIMER

This publication contains a summary of the results of two studies prepared under contract, by the Land Evaluation Group, University of Guelph, to the Canadian Climate Centre. The views and opinions expressed herein are those of the authors and do not necessarily state or reflect those of the Government of Canada or any agency thereof.

Single copies of this publication may be obtained, free of charge, by writing to the:

Canadian Program Office
Canadian Climate Centre
4905 Dufferin Street
Downsview, Ontario
M3H 5T4

Copies of the complete reports may be purchased by writing to the:

University School of Rural Planning and Development
University of Guelph
Guelph, Ontario
N1G 2W1

Published by Authority of the
Minister of the Environment

© Minister of Supply and Services
Canada 1987

Catalogue No. EN57-27/1987-01
ISBN 0-662-55070-6
ISSN 0835-3980

FOREWORD

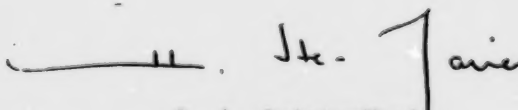
The composition of the earth's atmosphere is undergoing a major global change. Human activities, such as deforestation, the burning of fossil fuels and even agricultural practices have significantly increased the amount of carbon dioxide and other "greenhouse gases" in the atmosphere. There is now growing scientific evidence that increasing concentrations of these gases could result, over the next few decades, in a rise of global mean temperature which is greater than any in man's history (Villach Conference, Austria, October 1985). Studies indicate that warming in the range of 1.5 - 4.5°C could be expected; in Arctic regions it is likely to be even greater.

In the past few years, there has been an escalating international awareness of the dependence of various economic sectors on climatic fluctuations and on the implications of long-term climate change. Concerns have been expressed for the potential loss of coastal areas due to anticipated global sea level rises, destruction of the habitats of innumerable plant and animal species, and disruption of world agriculture, to name a few. At the same time, climate change offers the potential for significant economic opportunity. For Canada, this is likely to include an extension of the growing season and year-round shipping on the Great Lakes. The key element in successfully adapting to these changes will be our ability to mitigate the negative effects and to take advantage of the benefits.

In recognition of the impact of climate and climatic fluctuations on society, Canada established a Canadian Climate Program (CCP) in 1978 to integrate the efforts of various federal and provincial agencies as well as the universities and the private sector in the field of climatology. The Atmospheric Environment Service (AES) of Environment Canada was given responsibility as the lead agency for the program. One of the program's components has, since 1984, focussed on research studies to assess and identify the potential social and economic impacts of climate warming expected under a doubled carbon dioxide scenario. Most of these studies have been conducted under contract by Canadian universities.

While these and other studies over the last several years have clearly shown that increasing "greenhouse gas" concentrations have the potential for profound impacts on our physical environment, the results must still be treated as preliminary. There is general scientific agreement on the direction of long-term climate change, but uncertainty in the estimates of the magnitude and timing.

It is evident that additional studies are required in order to provide planning and policy information to all levels of government and private sector users. These would further serve to identify potential mitigative and adaptive strategies and be in keeping with Environment Canada's theme of "anticipate and prevent".

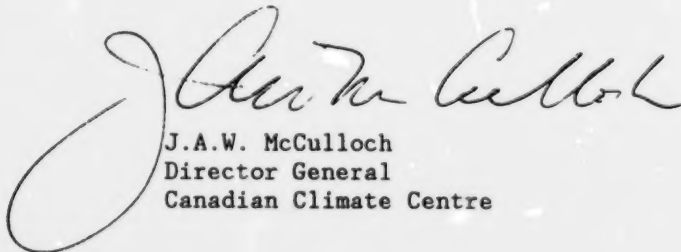

G. A. Sainte-Marie
Deputy Minister
Environment Canada

PREFACE

The Canadian Climate Centre (CCC) has funded a number of studies to investigate the potential impacts, on various sectors of the Canadian economy, of climate warming expected under doubled carbon dioxide (or equivalent gas) concentrations.

The projections of future climatic variables under this $2 \times \text{CO}_2$ scenario were adapted from two U.S. General Circulation Models - one developed by the Geophysical Fluid Dynamics Laboratory (GFDL) and the other by the Goddard Institute for Space Studies (GISS). Researchers used these computer model outputs, or other derived variables, as inputs to various socio-economic models. Using these tools, and analysis of historical climate anomalies and their effects, investigators were able to identify some of the first-order impacts of increased CO_2 and climate change.

The first issue of the Climate Change Digest identified the major socio-economic impact studies undertaken since 1984. This second issue presents the summary results of the first two phases of one of these; material in subsequent issues will include other study summaries as well as some articles relevant to other climate change issues.



J.A.W. McCulloch
Director General
Canadian Climate Centre

IMPLICATIONS OF CLIMATIC CHANGE FOR AGRICULTURE IN ONTARIO

1 STUDY HIGHLIGHTS

- A warmer climate may mean crop failures in the agricultural heartland of Ontario.
- Advantages of warmer temperatures under a changed climate are likely to be offset by increased moisture stress on crops.
- Crops like corn and soybeans may become very risky in Southern Ontario because of drought conditions.
- Corn, soybeans and other crops may become viable in Northern Ontario.
- Horticultural crops may be grown across much of Southern Ontario - one big fruit belt?
- The regional pattern of agriculture across Ontario may be transformed by changes in climate.
- For many farmers, climate change may mean higher profits, but greater risks are likely also.
- Without adjustment, the 'Greenhouse Effect' could cost Ontario agriculture \$170 million per year in lost production.

2 OVERVIEW

Recent studies have indicated that Ontario might experience profound shifts in climatic conditions over the next 30-100 years due to increasing concentrations of CO₂ and other 'greenhouse gases' in the atmosphere. This has prompted resource analysts to speculate on the extent to which these changes in climate might ultimately affect the structure of society. These assessments of the interactions between climatic change and socio-economic structure are especially relevant to the agri-food sector where primary production is to a large degree dependent upon climate.

This issue of Climate Change Digest summarizes two studies of the impacts of climatic change for the agri-food sector in Ontario, undertaken by the Land Evaluation Group (LEG) at the University of Guelph.

The first study (Phase I, see Publication No. LEG-22, 1985, for full research report) assesses the impacts of changes in climate on Ontario's potential to support crops. It identifies the extent to which climatic change could enhance or diminish crop yields across the province.

The second study (Phase II, see Publication No. LEG-26, 1986) examines impacts of changes in climatic norms and year-to-year variation in climate on agricultural production and economic viability at the farm, regional and provincial levels.

3 PHASE I: CLIMATIC CHANGE, CROP YIELDS, AND AGRICULTURAL LAND POTENTIAL

3.1 Introduction

Two scenarios for climatic change associated with an increase in atmospheric concentrations of CO₂ were used. Scenario A is based upon a model developed by the Geophysical Fluid Dynamics Laboratory, whereas Scenario B employs output from a similar analysis by the Goddard Institute of Space Studies. This study assessed the potential impacts of each climatic change scenario on the following aspects of agriculture in Ontario:

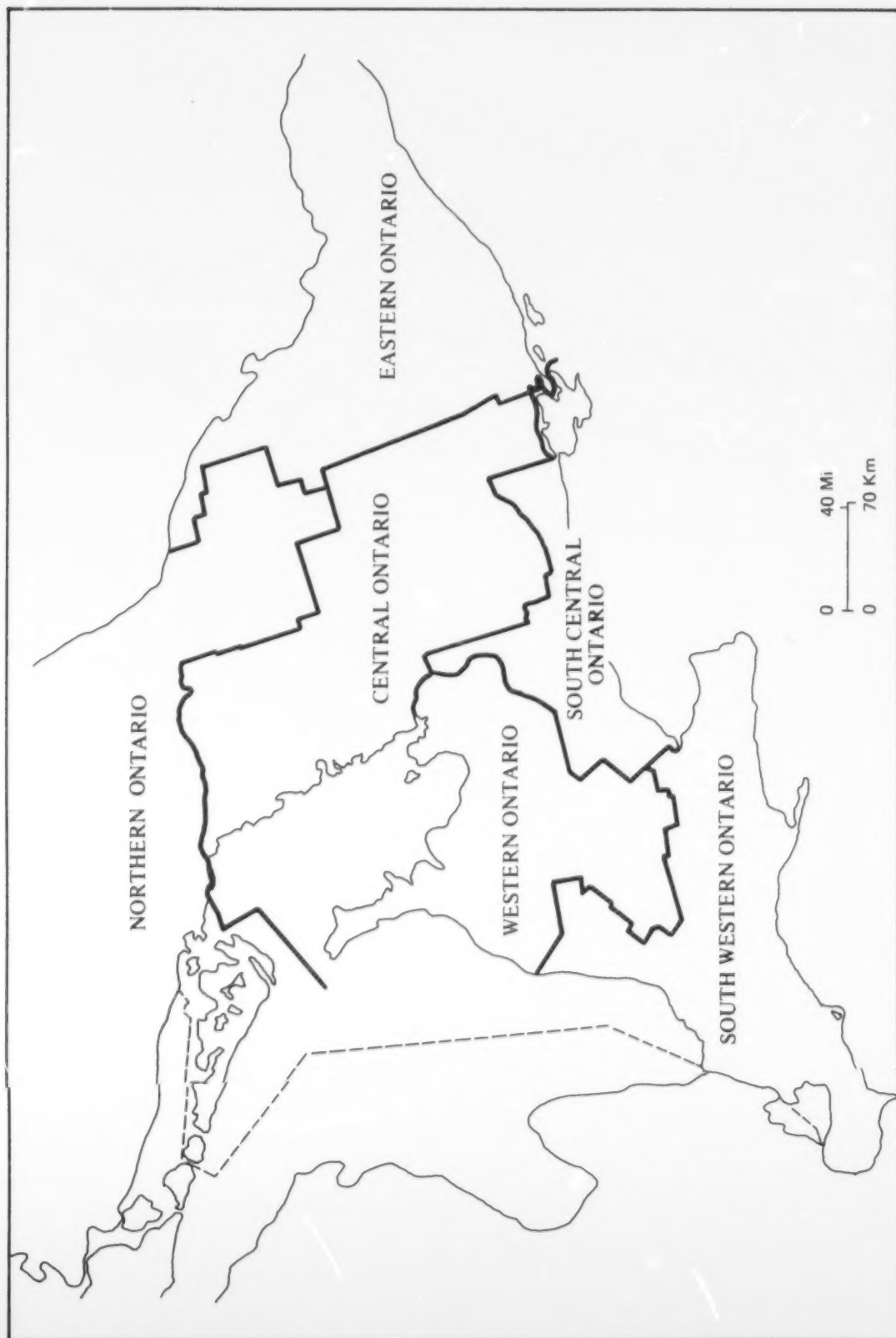
- 1) climatic resources for crop production,
- 2) productivity levels for major crops,
- 3) current levels and value of crop production, and
- 4) economic suitability of land resources for crop production.

The study is designed to gauge the sensitivity of each aspect of agriculture to the specified changes in climatic conditions, rather than predict or forecast the effects of climatic change on the agri-food sector. Sensitivity is measured by comparing possible adjustments to each aspect given changes in climate from current norms. Hence, the analyses highlight the direction and magnitude of climate-induced changes on agricultural crop potentials for Ontario.

3.2 Research Strategy

- 1) The study estimates the long-term normal climatic conditions expected under each of the scenarios. The conditions analyzed are those which influence crop yields, such as temperature, growing season length, cloud cover, precipitation and potential evapotranspiration.
- 2) Crop yields under the climatic scenarios are estimated by considering the complex interactions of a wide range of climatic, soil and management factors. Crop productivity models and other analyses are used to calculate economically attainable yields for eight major crops on the various types of land found throughout the regions of Ontario. Crops considered are: grain corn, barley, oats, winter wheat, soybeans, hay, fodder corn and potatoes.
- 3) The effects of climatic change on crop production and value are ascertained assuming present patterns of land use. The analysis involves comparing current levels of production and crop value to changes in average crop yields under each climatic scenario. Thus, the study isolates the effects of climatic change on current production, rather than forecasting probable adjustments in crop production patterns.
- 4) The final step in the analysis relates changes in economic yields to areas of production in six regions of Ontario (Figure 1). Again, all factors are assumed constant except for climate, thereby isolating the extent to which regional opportunities for the production of individual crops would be affected by changes in climatic norms.

FIGURE 1: AGRO-CLIMATIC REGIONS OF ONTARIO



3.3 Findings

3.3.1 Effects of Climatic Change on Climatic Resources for Crop Production

Climatic Change Scenario A is characterized by considerable increases in temperature and precipitation (Figure 2). Increases in the length of the growing season would range from 35 days to 54 days. The growing season in Northern Ontario under Scenario A would be similar to the current 150 day growing season in South Central and Western Ontario, while the growing season in other regions would surpass the present 160 day growing season in Ontario's agricultural heartland of South Western Ontario. Mean daytime temperatures during the growing season in Northern and Eastern Ontario would approach 17°C, and in the other regions exceed 18°C (Figure 2). Precipitation increases would be expected to range from 70 mm to 90 mm under Scenario A, but these would be more than offset by increases in potential evapotranspiration ranging from 170 mm to 213 mm (Figure 2).

The increases in temperature and precipitation expected under Climatic Change Scenario B are larger than under Scenario A (Figure 2). The growing season length in Northern Ontario under Scenario B would exceed the present growing season in South Western Ontario. In Central, South Central, Western and South Western Ontario the growing season would extend beyond 200 days, which is comparable to the present growing season in southern Illinois. The mean daytime temperature during the growing season in Northern Ontario would be about 17°C, and greater than 18°C elsewhere. Increases in precipitation would range from 105 mm to 150 mm under Scenario B. The effect of these increases in precipitation would however be lost to increases in potential evapotranspiration ranging from 230 mm to 280 mm.

3.3.2 Effects of Climatic Change on Crop Yields

The expected changes in agroclimatic conditions under Scenarios A and B would have considerable impacts on yield levels for Ontario's major crops. Results for grain corn are shown in Table 1. Similar analyses were undertaken for the other crops. A summary of the regional implications of the climatic scenarios for Ontario's eight major crops follows.

In Northern Ontario, the array of crops that could be grown would be expanded to include grain corn, winter wheat and soybeans. Furthermore, yield levels for the forages and cereal grains that are currently grown in Northern Ontario would increase substantially under both scenarios for climatic change.

The effects of the changes in agroclimatic conditions in Central and Eastern Ontario would be considerably different than the effects in Northern Ontario. The estimated increases in growing season length and in temperatures would enhance conditions for plant growth in these regions, but these benefits would tend to be negated by increases in moisture stress. The negative effects of increases in moisture stress on crop yields would be particularly noticeable on lands with a relatively low drought tolerance. On those lands which have relatively large moisture reserves, yields for most crops would be expected to increase.

FIGURE 2: EFFECTS OF CLIMATIC CHANGE ON SELECTED CLIMATIC PARAMETERS

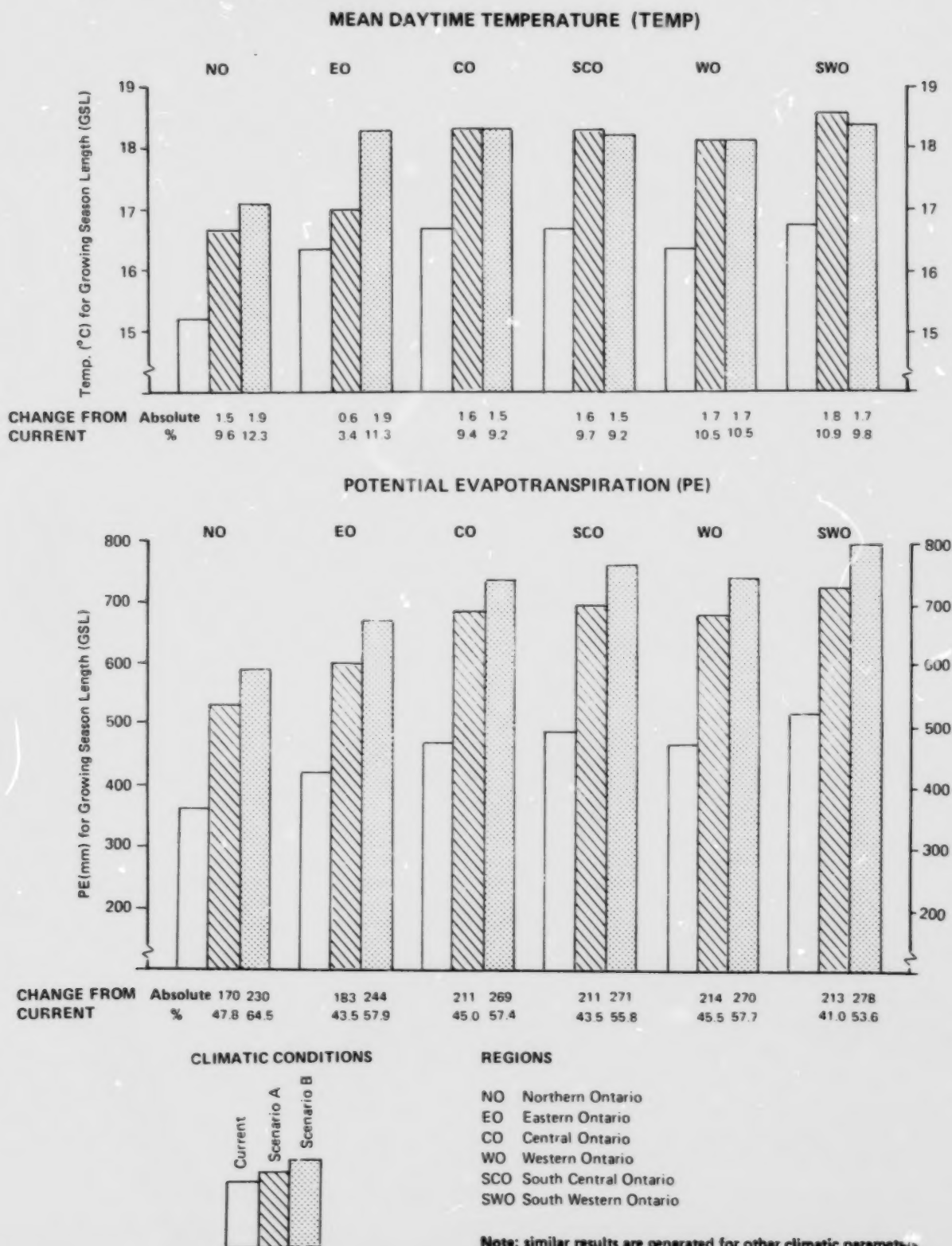


TABLE 1: EFFECTS OF CLIMATIC CHANGE ON GRAIN CORN YIELDS

Region	Land Type	Current FAY ¹ t/ha	Change in FAY from Current Under:			
			Scenario A		Scenario B	
			t/ha	%	t/ha	%
NO	A,G	0.0	+8.1 **	-	+9.1 **	-
	B	0.0	+5.4 *	-	+6.8 **	-
	C	0.0	+5.6 *	-	+7.0 **	-
	D	0.0	+5.6 *	-	+5.7 *	-
	E	0.0	+2.7	-	+2.7	-
EO	A,G	5.4 *	+2.7 **	50.0	+3.4 **	62.2
	B	3.5	+1.4	39.0	+1.7	48.0
	C	3.8	+1.5 *	40.3	+1.9 *	49.9
	D	3.7	+2.9 **	79.4	+3.6 **	98.5
	E	1.8	+1.8	100.5	+2.3	126.8
CO	A,G	6.6 **	+1.2 **	18.3	+1.5 **	23.0
	B	4.6	-0.4	-9.0	0.0	-0.2
	C	5.0	-0.2	-3.7	+0.2 *	3.1
	D	4.3	+2.9 **	66.7	+2.9 **	66.8
	E	2.0	+2.3	113.3	+2.2	106.8
SCO	A,G	6.9 **	-0.4 **	-6.4	-0.2 **	-2.7
	B	4.0	-1.1	-26.4	-0.8	-19.5
	C	4.1	-1.0	-24.7	-0.7	-18.0
	D	5.9 *	+1.1 **	17.7	+1.0 **	17.0
	E	3.4	+1.0	27.9	+0.9	27.2
WO	A,G	6.9 **	+0.1 **	1.9	+0.2 **	2.8
	B	4.1	-0.6	-14.6	-0.5	-12.7
	C	4.4	-0.5	-11.9	-0.5	-10.2
	D	5.4 *	+1.5 **	27.0	+1.4 **	26.4
	E	2.8	+1.5	51.2	+1.4	50.5
SWO	A,G	7.3 **	-1.2 *	-16.7	-1.2 *	-16.9
	B	4.2	-1.4	-33.3	-1.4	-34.5
	C	4.2	-1.4	-33.2	-1.4	-34.3
	D	6.4 **	+0.5 **	8.1	+0.4 **	6.1
	E	3.7	+0.6	17.4	+0.6	15.3

¹ Farm Attainable Yields (Dry Weight); t/ha = metric tonnes/hectare

* Yields sufficient for a modest return to investment given current economic conditions

** Yields sufficient for a high return to investment given current economic conditions

No asterisk indicates yields would be insufficient to generate a profit over the long term

Regions

NO Northern Ontario
EO Eastern Ontario
CO Central Ontario
SCO South Central Ontario
WO Western Ontario
SWO South Western Ontario

Land Types

A,G Well-Drained
B Moderately Well-Drained
C Excessively Well-Drained
D,E Imperfectly Drained

Note: Similar results are generated for other crops

In the South Central, Western and South Western Ontario regions, yield levels for most major crops would be expected to decline on most land types under both climatic change scenarios. Temperatures would be expected to exceed the optimal levels for crop growth, and moisture stresses stemming from increases in potential evapotranspiration would be even more pronounced in these regions. Yields for small grains, oilseeds and potatoes would suffer the most under these conditions. Yields for grain and fodder corn on lands with a low resistance to moisture deficits would be expected to decline, but increases would be feasible on lands with large moisture reserves.

3.3.3 Effects of Climatic Change on Current Level and Value of Crop Production

The climatic changes would reduce current levels and total value of crop production in the province. Relative to existing regional patterns of land use and crop production, the production of potatoes, soybeans and winter wheat appear to be especially vulnerable to the specified changes in climate. Declines in provincial production levels for oats and barley would be expected, and production levels for grain corn would also suffer. Total production and value of hay would be reduced considerably under Scenario A, but Scenario B would have little impact. The two climatic change scenarios would have only marginal effects on provincial levels of fodder corn production.

Under Scenario A and assuming no changes in patterns of production, economic conditions and so on, reductions in production levels for Ontario's eight major crops, would result in an annual \$170 million loss in total crop value (Table 2). Under Scenario B, everything else assumed constant, total crop value would decline by \$101 million per year.

3.3.4 Effects of Climatic Change on the Economic Suitability of Land Resources for Crop Production

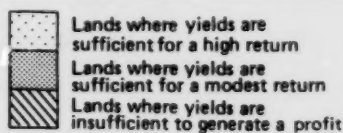
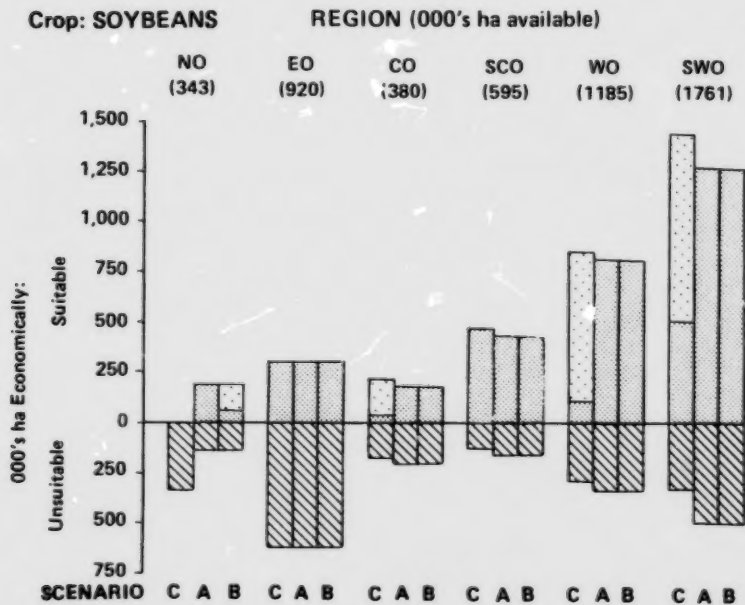
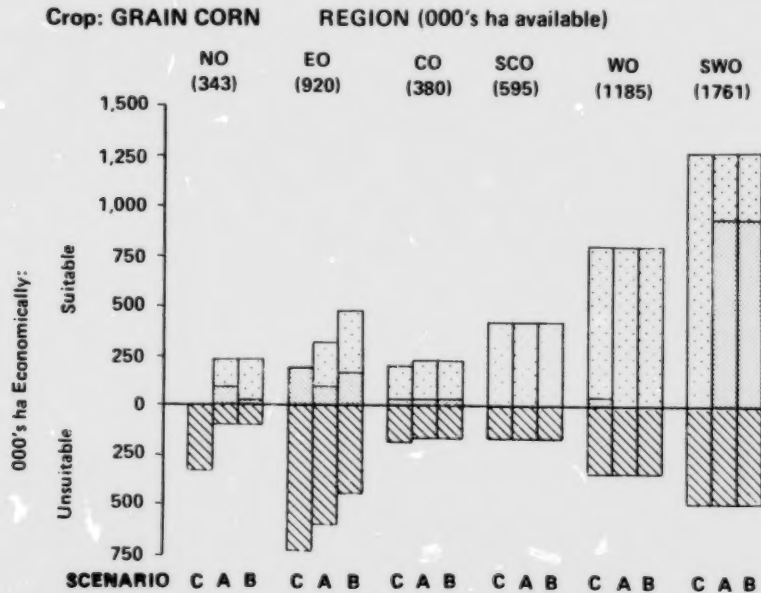
From the provincial perspective, the climatic changes would reduce the economic opportunities for the production of grain corn, winter wheat, soybeans and oats; have little impact on the prospects for barley production; and increase the economic potential for fodder corn production.

The area of land with an economic potential for **grain corn** in the Northern and Eastern Ontario regions would increase considerably under Scenarios A and B (Figure 3). These climatic changes would have only a marginal effect on the economic suitability of lands in the Central, South Central and Western Ontario regions. In the South Western Ontario region, the area of land with an economic potential for grain corn would be unaffected by the specified changes in climate, but there would be less land capable of providing a high return to investment when used for grain corn. The overall effect of the specified changes in climate on the economic opportunities for grain corn would be a modest increase in the total area which would be economically suitable for the crop, but a sharp decline in the area with a high economic potential.

TABLE 2: EFFECTS OF CLIMATIC CHANGE ON PROVINCIAL LEVELS
AND VALUE OF CROP PRODUCTION

Crop	Current Prod. 000's t	Change in Prod. Scenario A 000's t	Levels Under: Scenario B 000's t	Current Value 000's \$	Change in Total Value Scenario A 000's \$	Value Under: Scenario B 000's \$
Grain Corn	4171	-245	-212	471323	-27685	-23956
Barley	946	-166	-158	97438	-17098	-16274
Oats	674	-78	-76	74733	-8649	-8427
Wheat	665	-145	-121	95760	-20880	-17424
Soybeans	554	-155	-121	148472	-41540	-32428
Hay	6868	-833	122	331450	-40201	5888
Fodder Corn	9275	-89	140	173164	-1662	2614
Potatoes	369	-119	-101	39483	-12733	-10807
Total	-	-	-	1431822	-170444	-100814

FIGURE 3: EFFECTS OF CLIMATIC CHANGE ON ECONOMIC SUITABILITY OF LAND RESOURCES FOR CROP PRODUCTION



REGIONS
 NO Northern Ontario
 EO Eastern Ontario
 CO Central Ontario
 WO Western Ontario
 SCO South Central Ontario
 SWO South Western Ontario

CLIMATIC CONDITIONS
 C Current
 A Scenario A
 B Scenario B

Note: similar results are generated for other crops

The area of land in Northern Ontario which would be economically suitable for the production of **soybeans** or **winter wheat** would expand considerably under Scenarios A and B (Figure 3). In other regions, particularly Western and South Western Ontario, there would be losses in both the total area with an economic potential for these crops and the area which might provide a high return to investment when used for either of these crops. The economic outlook for the production of soybeans and winter wheat for Ontario would suffer under the climatic change scenarios.

Losses in economic potential for **oats** under Scenarios A and B would be confined to Western and South Western Ontario. The economic suitability of lands for oat production in other regions and for **barley** production in all regions would not be affected by the specified changes in climate.

The economic prospects for **fodder corn** would be enhanced considerably in the Northern, Eastern and Western Ontario regions. These benefits would however be offset somewhat by lost opportunities elsewhere. Overall, Ontario would experience slight increases in the economic opportunities for fodder corn production under Scenarios A and B.

4 PHASE II: CLIMATIC CHANGE AND VARIABILITY AT THE FARM, REGIONAL AND PROVINCIAL LEVEL

4.1 Introduction

This study extends the analysis of Phase I. Phase II uses the data generated in Phase I to assess impacts on production opportunities at the individual farm level, the regional level, and the provincial level. It focusses upon a single scenario of climatic change associated with a doubling of atmospheric concentrations of CO₂ (Scenario B from Phase I). In addition to examining changes in climatic norms (or long-term averages), this phase considers the effects of year-to-year variability in climate around those norms.

4.2 Research Strategy

The initial step in the project estimates the potential effects of an enriched CO₂ environment on agroclimatic resources throughout Ontario, and estimates variability in precipitation levels under the current and the altered climatic regime. These possible adjustments in climatic conditions pertinent to crop production are employed in subsequent steps of the study.

At the farm level, the analysis examines the potential impacts of changes in long-term climatic norms on the economic viability of a 'typical' cash grain farm in South Western Ontario, and estimates the extent to which extremes in precipitation levels might affect farm profits under the current and altered climatic regimes.

At the regional level, the potential influence of climatic change and variability on the production opportunities for field and horticultural crops are assessed in each of six regions of the province. The analysis also appraises the prospects for introducing new crops to Ontario under the altered climatic regime.

The province-wide assessment examines the possible effects of an altered climate and alternative levels of precipitation on Ontario's potential for food production. The analysis measures the extent to which losses in production opportunities in one region might be offset by increases elsewhere, and thereby provides an aggregate assessment of the implications of climatic change on the provincial prospects for food production.

4.3 Analysis and Results

4.3.1 Agroclimatic Resources for Crop Production

The effects of elevated CO₂ levels on climatic normals have been described in Phase I: Northern Ontario would resemble the current climate in South Western Ontario, whereas the altered climate in the southern parts of Ontario would be comparable with current climatic conditions in southern portions of Illinois, Indiana and Ohio. In many parts of Ontario, the agricultural benefits of increases in precipitation would be negated by even larger increases in potential evapotranspiration.

This phase focussed on year to year deviations in climate about the norms. Estimates of the current range in precipitation levels for each defined region in Ontario were derived using monthly precipitation levels recorded between 1951 and 1981. In the absence of information on the degree to which a variability in annual levels of precipitation might change in the climatic scenario, it is assumed that growing season precipitation would continue to vary year to year about the norm in a similar manner to the 1951-1981 period.

The combination of expected increases in precipitation and a longer growing season would be expected to result in substantial increases in average levels of total precipitation during the cropping season. The altered climatic regime would also be characterized by a considerable increase in the distribution of yearly levels of precipitation around the future norms.

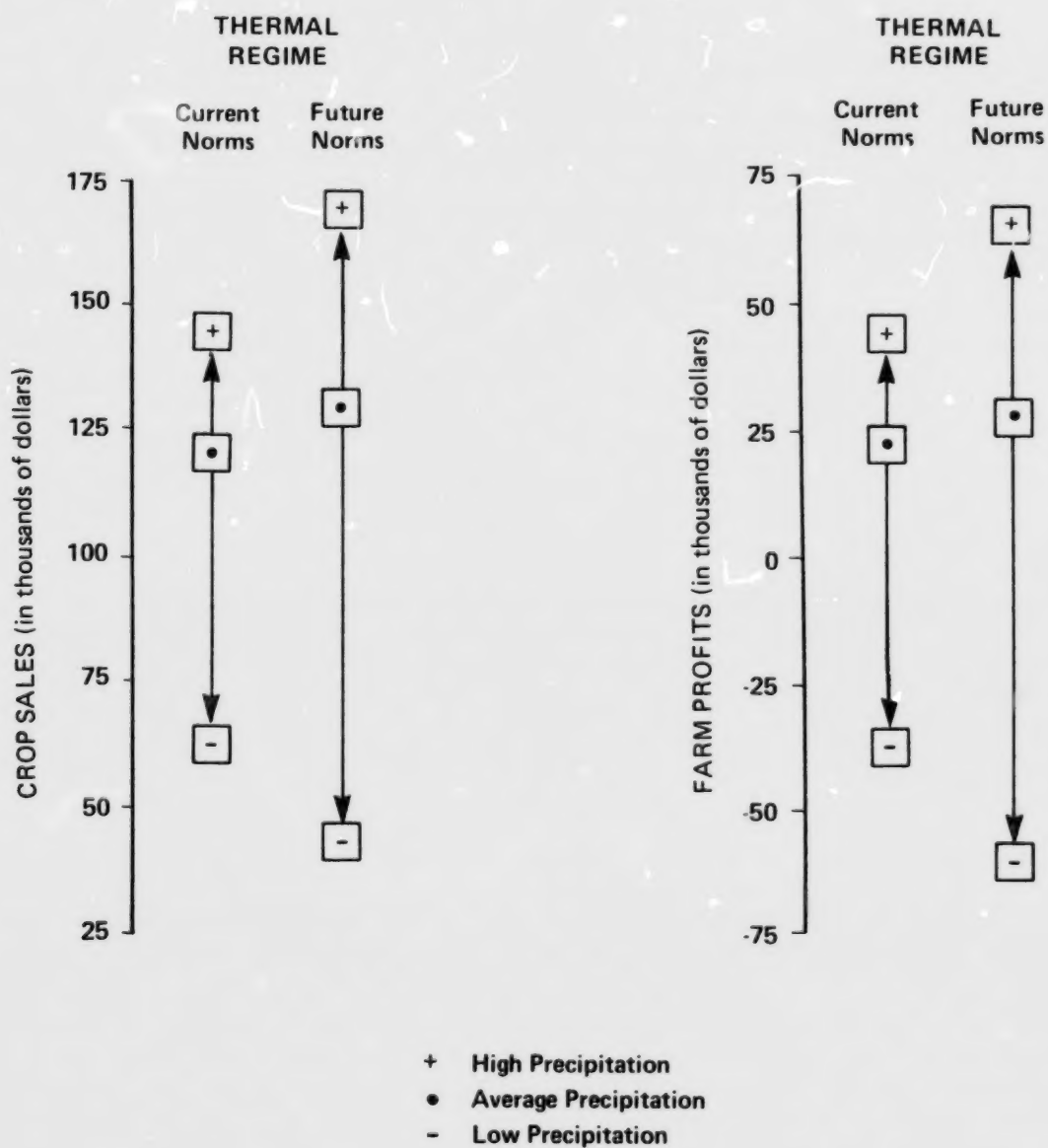
4.3.2 Farm Level Assessments

A cash grain farm model is used to estimate the impacts of climatic change on resource allocation and product mix, and hence on farm profits. The analyses are conducted for a 'typical' 200 hectare cash grain farm in South Western Ontario. The model is run for two sets of conditions. The first approximates current climatic and economic conditions, whereas the second assumes a climate altered by a doubling in CO₂. Yields for cash grains are adjusted to reflect the altered agroclimatic environment, and all other conditions including production costs and crop prices are maintained at initial levels.

The analysis addresses the degree to which variability in precipitation implies a risk to crop production and farm profits. This is assessed by assuming decisions regarding the operation of the 'typical' cash grain farm are based upon prevailing economic conditions and long-term climatic normals. Then, grain yields are adjusted to those estimated for the extremes of precipitation. This provides a basis for judging the combined effects of climatic change and variability on crop production, value of production, and farm profits.

Long-term changes in climatic normals could have profound effects upon cash grain farms in South Western Ontario (Figure 4). Substantial increases in farm profits would be possible, but this would require a greater reliance upon grain corn production. The vulnerability of monoculture farming systems to market fluctuations and to diseases and pests, as well as the potential adverse impacts of continuous row cropping on land quality, raises several questions regarding the long-term sustainability of such a farm enterprise. Furthermore, fluctuations in annual farm profits attributable to precipitation extremes would tend to increase under the altered climate (Figure 4). This instability could trigger additional problems at the farm level including inadequate cash flow and increases in debt load.

FIGURE 4: VARIABILITY IN PRECIPITATION AND ITS IMPACTS ON CROP PRODUCTION AND ECONOMIC OPPORTUNITIES AT THE FARM LEVEL



4.3.3 Regional Assessments

Production Opportunities for Field Crops

A crop productivity model is employed to estimate the extent to which thermal and moisture conditions combine to limit crop yields. Yield estimates are used in conjunction with economic data on production costs, crop prices, and estimates of land available for crop production to trace the impacts of altered climates on production opportunities for seven field crops on seven types of land in each region of Ontario.

Initially, yield responses to changes in long-term climatic norms are estimated by adjusting those input parameters of the crop productivity model which are sensitive to increased CO₂ in the atmosphere. Then, the effects of precipitation extremes under the current and altered climates are estimated by a similar procedure.

In Northern Ontario, the array of crops that could be grown under the altered climatic regime would be expanded to include grain corn, winter wheat and soybeans. Furthermore, yield levels for the forages and cereal grains that are currently grown in Northern Ontario would increase substantially. Variations in precipitation from year to year however would pose a considerable risk to crop production in Northern Ontario (Figure 5). Generally, the drier years would limit production on lands with a lower tolerance to droughtiness; but these losses would be countered by enhanced prospects on lands with relatively high moisture reserves. The opposite would be expected in years with above average levels of precipitation.

In the more southerly parts of Ontario, moisture stress associated with the longer and considerably warmer summers would impinge upon the production opportunities for most field crops, despite the longer growing season (Table 3). The greatest impacts would occur on well to excessively well-drained lands during the drier years. However the altered thermal regime, coupled with greater than average levels of precipitation during the crop growing season, would enhance the production opportunities for many field crops.

Production Opportunities for Horticultural Crops

A climatic rating scheme is employed to evaluate the effects of changes in climatic norms on the production opportunities for horticultural crops. Horticultural crops are divided into frost-sensitive and winter-temperature-sensitive crops. Corn heat units are used as the primary criterion to appraise climatic potential for these crops. Length of frost-free season and extreme winter temperatures are used as secondary criteria to assess opportunities for frost-sensitive and winter-temperature-sensitive crops respectively.

The longer, warmer growing seasons and the milder winters associated with elevated levels of CO₂ would expand the opportunities for producing horticultural crops throughout Ontario. It would be feasible to produce frost-sensitive crops such as sweet corn throughout the province. The

FIGURE 5: REGIONAL EFFECTS OF CLIMATIC CHANGE AND VARIABILITY ON YIELDS FOR GRAIN CORN

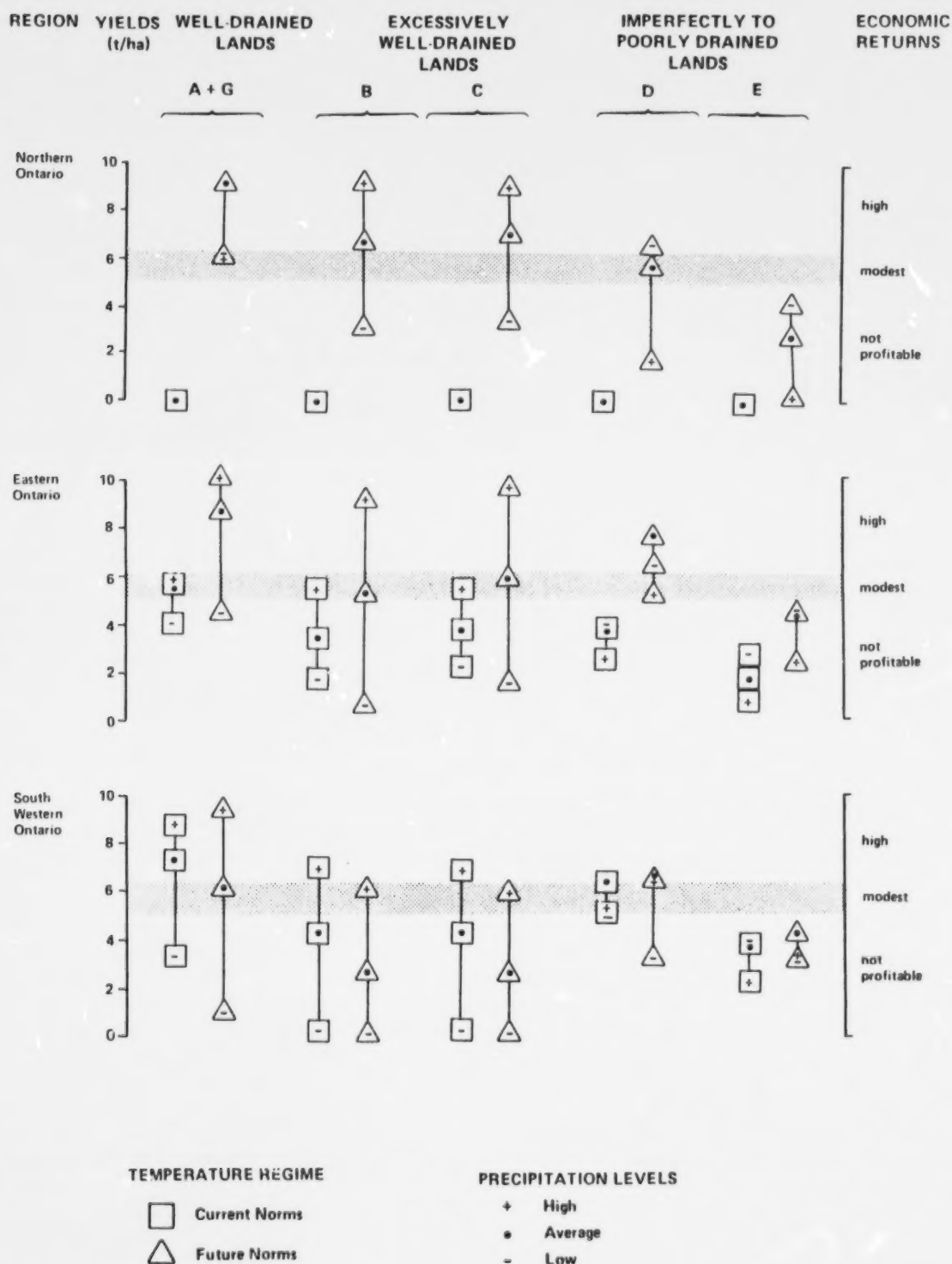


**TABLE 3: EFFECTS OF CLIMATIC CHANGE AND ALTERNATIVE
PRECIPITATION LEVELS ON THE ECONOMIC SUITABILITY
OF LAND FOR SOYBEANS**

REGION	LAND AVAILABILITY 000's ha	THERMAL REGIME	% OF REGION ECONOMICALLY SUITABLE FOR SOYBEANS		
			Low Prec.	Average Prec.	High Prec.
Northern Ontario	343	Current	0	0	0
		Future	69	58	60
Eastern Ontario	920	Current	24	33	48
		Future	24	33	53
South Western Ontario	1761	Current	80	81	83
		Future	19	72	83
Ontario	5183	Current	61	64	72
		Future	20	62	77

production prospects for crops sensitive to extreme winter temperatures would also be improved; the commercial production of apples, for example, would be possible throughout the province (Table 4). The anticipated increases in summer and winter temperatures would be sufficient to allow the production of tender fruits such as grapes in most areas of Central, South Central, Western and South Western Ontario; but the altered climates in Eastern and Northern Ontario would continue to be unsuitable for these crops.

Production Opportunities for New Crops

A preliminary assessment of the opportunities for introducing new crops to Ontario under the altered climatic regime is based upon identifying areas in the United States where climatic conditions are presently similar to those anticipated in South Western Ontario under the altered climatic regime, and then identifying viable crops in these areas. Climatic conditions in Ohio, Illinois, Indiana and Maryland compared favourably to those estimated for South Western Ontario. Information on crop production in these states is obtained from state and federal statistical summaries.

It would appear that the opportunities for introducing new crops to Ontario under the altered climatic regime would be quite limited. Potential benefits of these climatic changes would probably be noticeable in two areas. First, the longer season and higher yielding cultivars that are currently used in the Central United States would in all likelihood be suitable to Ontario. Second, the warmer temperatures, especially during the winter months, will be

TABLE 4: EFFECTS OF CLIMATIC CHANGE ON THE PRODUCTION OPPORTUNITIES FOR APPLES

REGION	CLIMATIC REGIME	CLIMATIC POTENTIAL FOR APPLES				
		None	Poor	Fair % of Region	Good	Very Good
Northern Ontario	Current	4	93	3	0	0
	Future	0	0	1	97	2
Eastern Ontario	Current	0	13	70	18	0
	Future	0	0	0	72	28
Central Ontario	Current	0	3	9	89	0
	Future	0	0	0	18	82
South Central Ontario	Current	0	0	3	59	38
	Future	0	0	0	1	99
Western Ontario	Current	0	0	28	21	51
	Future	0	0	0	0	100
South Western Ontario	Current	0	0	0	0	100
	Future	0	0	0	0	100

much more favourable for fruits and vegetables, and production would not be limited to lakeside locations. It should be feasible to produce a wide range of horticultural crops over large portions of the province under the altered climatic regime.

4.3.4 Effects of Climatic Change on Ontario's Food Production Potential

Risks to agricultural production in Ontario would increase substantially given the specified changes in climate, especially in those years with low precipitation levels. Changes in long-term normals would contribute to a modest decline in production potential, but these opportunities could be recouped in those years with a higher than average level for precipitation during the growing season. The largest risk is associated with drier than average years. Relatively dry years currently impinge upon provincial opportunities for food production. Low levels of precipitation, combined with the estimated increases in long-term temperature normals, would impose severe constraints on crop production opportunities and could threaten the security of Ontario's food supply.

5 CONCLUSIONS

This study demonstrates that climatic changes could have profound effects on Ontario's agri-food sector. New opportunities for agricultural production in Northern Ontario suggest prospects for a major expansion of the agricultural economy there. In other regions, especially the agricultural heartland of South Western Ontario, production prospects for many common crops would be diminished. It may be possible to compensate for these losses by adopting crops that have a higher tolerance to moisture deficits. In any event, there are significant ramifications for the established infrastructure of Ontario's agri-food sector.

The costs of ignoring these changes could be high, both for individual operators and for the province as a whole. However, by adjusting to the changed conditions some interesting prospects emerge. In addition to the potential for boosting the agricultural economies in Northern and Eastern Ontario, there are enhanced opportunities for diversifying agriculture in other regions of the province. The length of the growing season is likely to become less of a constraint, but moisture deficit is expected to become a more important limiting factor.

The implications for other sectors and for policy are wide ranging. For example, there are obvious implications for crop insurance. Crop breeding might focus on hybrids which are tolerant of moisture deficits. There may be a need for processing and marketing initiatives for new products. Increased use of irrigation may be seen, with more demands on water supplies at a time when other sectors are also drawing upon a diminished water supply.

These conclusions are extremely speculative. Very little research has been conducted into ecological and socio-economic impacts of climatic change, and considerable uncertainty exists. There is little agreement on the time frame for many of the possible changes, and other conditions which also influence agriculture and other sectors of the economy are changing as well. Nonetheless, the potential impacts of climatic changes associated with the Greenhouse Effect are of sufficient magnitude that sensitive areas should be identified and policy implications considered.

6 ACKNOWLEDGEMENTS

The research summarized in this document was completed under contract by the Land Evaluation Group (LEG) at the University of Guelph. The LEG is an interdisciplinary team of scientists from the Departments of Agricultural Economics and Business, Geography, and Land Resource Science, and from the University School of Rural Planning and Development.

The research team comprised Barry Smit (Project Director), Michael Brklacich (Project Manager), Deborah Bond, Murray Brown, Ronald Lohr, Ray McBride, Murray Miller, Truman Phillips and Stephen Rodd.

The research drew upon the cumulative expertise of scientists affiliated with the LEG, Agriculture Canada, and the Atmospheric Environment Service. The research team gratefully acknowledges the contributions and support of the Research Branch and the Regional Development Branch of Agricultural Canada, the Atmospheric Environment Service of Environment Canada, and the Ontario Ministry of Agriculture and Food.



Environnement
Canada

Environment
Canada



Canada

SOMMAIRE DU CHANGEMENT CLIMATIQUE

SCC 87-01 Programme canadien des incidences climatologiques

SCC 87-02 Conséquences du changement climatique sur
l'agriculture en Ontario



Environnement
Canada

Environment
Canada

CONSÉQUENCES DU CHANGEMENT CLIMATIQUE
SUR L'AGRICULTURE EN ONTARIO

Résumé des rapports du Land Evaluation Group

Phase I - Socio-Economic Assessment of the Implications of
Climatic Change for Food Production in Ontario
(Publication No. LEG-22)

Phase II - Implications of Climate Change and
Variability for Ontario's Agri-Food Sector
(Publication No. LEG-26)

Préparé pour le

Sommaire du Changement Climatique
Service de l'environnement atmosphérique

Présenté par

Barry Smit
Land Evaluation Group
Université de Guelph
Guelph (Ontario)

Avril 1987

DÉNÉGATION DE RESPONSABILITÉ

La présente publication renferme le résumé des résultats d'études menées en vertu d'un contrat par le groupe d'évaluation des terrains de l'université de Guelph pour le Centre climatologique canadien. Les avis et opinions qui y sont exprimés sont ceux des auteurs. Ils n'expriment, ni ne reflètent nécessairement ceux du gouvernement du Canada ou de tout organisme de celui-ci.

Pour obtenir à titre gracieux des exemplaires de cette publication, écrire au :

Bureau du programme climatologique
Centre climatologique canadien
4905 Rue Dufferin
Downsview (Ontario)
M3H 5T4

Pour acheter des exemplaires des rapports au complet, écrire à :

University School of Rural Planning and Development
University of Guelph
Guelph (Ontario)
N1G 2W1

Publie avec l'autorisation du
ministre de l'Environnement

© Ministre des Approvisionnements
et Services Canada 1987

No de catalogue EN57-27/1987-01
ISBN 0-662-55070-6
ISSN 0835-3980

AVANT-PROPOS

L'atmosphère terrestre subit de grands changements dans sa composition à l'échelle mondiale. Les activités humaines, comme le déboisement, l'utilisation des combustibles fossiles et, même, les opérations agricoles ont nettement accru la quantité de gaz carbonique et d'autres "gaz de serre" de l'atmosphère. Il est de mieux en mieux établi du point de vue scientifique que l'accroissement de la concentration de ces gaz pourrait entraîner, au cours des prochaines décennies, une augmentation de la température moyenne mondiale supérieure à toute autre augmentation survenue depuis l'arrivée de l'homme sur terre (cf. conférence de Villach, Australie, octobre 1985). D'après les études, on pourrait s'attendre à un réchauffement mondial moyen de 1,5 à 4,5 °C; dans les régions arctiques, il est probable que ce réchauffement sera encore plus élevé.

Ces dernières années, on a de plus en plus pris conscience, à l'échelon international du fait que divers secteurs économiques sont tributaires des fluctuations climatiques et des répercussions du changement climatique à long terme. On appréhende la perte éventuelle de zones côtières due à la hausse mondiale prévue du niveau des mers, à la destruction des habitats d'innombrables espèces végétales et animales et à la perturbation de l'agriculture mondiale, pour ne citer que quelques sujets de préoccupation. Par la même occasion, le changement climatique offre éventuellement d'intéressantes possibilités économiques. Pour le Canada, celles-ci comprennent sans doute une prolongation de la saison de croissance et une navigation marchande active à longueur d'année sur les Grands Lacs. L'élément clef d'une bonne adaptation à ces changements sera notre aptitude à atténuer les effets négatifs et à tirer parti des avantages.

Ayant reconnu l'effet du climat et des fluctuations climatiques sur la société, le Canada a, en 1978, établi un Programme climatologique canadien pour intégrer les efforts de divers organismes fédéraux et provinciaux, ainsi que des universités et du secteur privé, dans le domaine de la climatologie. On a confié la responsabilité du programme au Service de l'environnement atmosphérique (SEA), d'Environnement Canada. Ce service est donc l'organisme responsable en la matière. Depuis 1984, un des éléments du programme se concentre sur les études de recherche destinées à évaluer et à déterminer les effets sociaux et économiques éventuels du réchauffement climatique auquel on s'attend suivant un scénario où la concentration de gaz carbonique doublerait. La plupart de ces études furent menées en vertu de contrats par des universités canadiennes.

Ces études et d'autres études réalisées au cours des dernières années ont clairement montré que l'accroissement des concentrations de "gaz de serre" peut bel et bien exercer des effets profonds sur notre milieu physique, mais il faut encore en considérer les résultats comme préliminaires. Les scientifiques s'entendent assez bien sur l'évolution du changement climatique à long terme, mais il existe de l'incertitude dans les estimations de l'ampleur et des échéances.

Il va de soi qu'il faut d'autres études pour fournir des renseignements de planification et d'orientation à tous les paliers d'administration et aux usagers du secteur privé. Ces études aideraient encore à établir les stratégies éventuelles d'atténuation et d'adaptation et répondraient au thème d'Environnement Canada : "Prévoir pour prévenir."



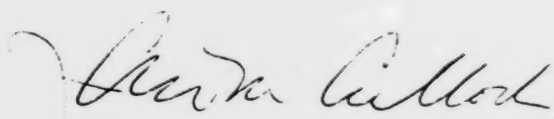
G.A. Sainte-Marie
Sous-ministre
Environnement Canada

PRÉFACE

Le Centre climatologique canadien (CCC) a financé plusieurs études touchant les effets eventuels, sur divers secteurs de l'économie canadienne, du réchauffement du climat prévu en présence de concentrations doublées de gaz carbonique (ou de gas équivalents).

Les projections des futures variables climatiques en vertu de ce scénario (concentration doublée de CO_2) sont adaptées de deux modèles américains de circulation générale, l'un mis au point par le Geophysical Fluid Dynamics Laboratory (GFDL) et l'autre par le Goddard Institute for Space Studies (GISS). Les chercheurs ont utilisé les résultats de ces modèles informatiques ou d'autres variables dérivées comme données d'entrée de divers modèles socio-économiques. Grâce à ces outils, ainsi qu'à l'analyse des anomalies climatiques du passé et de leurs effets, les chercheurs sont parvenus à déterminer certaines des répercussions de première importance d'une augmentation de la concentration de CO_2 et du changement climatique.

Le premier numéro du Sommaire du changement climatique indique les principales études de prospective socio-économique entreprises depuis 1984. Le deuxième présente les résultats sommaires de deux premières phases d'une de ces études. Les éléments de numéros ultérieurs comprendront d'autres résumés d'études, ainsi que des articles pertinents à d'autres questions de changement climatique.



J.A.W. McCulloch
Directeur général
Centre climatologique canadien

CONSÉQUENCES DU CHANGEMENT CLIMATIQUE SUR L'AGRICULTURE EN ONTARIO

1 POINTS SAILLANTS DE L'ÉTUDE

- Un climat plus chaud peut produire des récoltes déficitaires dans le centre agricole de l'Ontario.
- Les avantages qu'apportent des températures plus chaudes dans des conditions climatiques modifiées sont probablement contrebalancés par le plus grand stress hydrique exercé sur les cultures.
- Les cultures comme le maïs et le soya peuvent être très risquées dans le sud de l'Ontario en raison des sécheresses.
- Le maïs, le soya et d'autres cultures peuvent devenir viables dans le nord de l'Ontario.
- Les cultures horticoles peuvent être produites dans la majeure partie du sud de l'Ontario, grande zone fruitière.
- La tendance que prend l'agriculture dans diverses régions de l'Ontario peut être modifiée par les variations climatiques.
- Aux yeux de nombreux agriculteurs, le changement climatique peut signifier une augmentation des profits, mais il existe vraisemblablement de plus grands risques également.
- Sans adaptation, l'"effet de serre" pourrait entraîner des pertes de production agricole de 170 millions de dollars par année en Ontario.

2 APERÇU

Selon de récentes études, l'Ontario pourrait subir de grands changements climatiques au cours des 30 à 100 prochaines années en raison de l'augmentation des concentrations de CO₂ et d'autres gaz à effet de serre dans l'atmosphère. C'est pourquoi les analystes des ressources se sont empressés de formuler des théories pour déterminer jusqu'à quel point ces variations climatiques pourraient au bout du compte influencer sur la structure de la société. Ces évaluations de l'interaction entre le changement climatique et la structure socio-économique se rapportent surtout au secteur agro-alimentaire où la production primaire dépend en grande partie du climat.

Dans le présent numéro du Climate Change Digest, on résume deux études des incidences du changement climatique sur le secteur agro-alimentaire en Ontario, entreprises par le Land Evaluation Group à l'Université de Guelph.

La première étude (Phase I, voir publication n° LEG-22, 1975, rapport de recherche complet) évalue les incidences du changement climatique sur la capacité de soutenir les cultures en Ontario. Elle détermine jusqu'à quel point le changement climatique peut favoriser ou réduire le rendement des cultures partout dans la province.

La deuxième étude (phase II, voir publication n° LEG-26, 1986) analyse les incidences du changement des normales climatiques et des variations du climat d'une année à l'autre sur la production agricole et la viabilité économique aux paliers de l'exploitation, de la région et de la province.

3 PHASE I : CHANGEMENT CLIMATIQUE, RENDEMENT DES CULTURES ET POTENTIEL DES TERRES AGRICOLES

3.1 Introduction

On a utilisé deux scénarios de changement climatique associé à une augmentation des concentrations atmosphériques de CO₂. Le scénario A est fondé sur un modèle conçu par le Geophysical Fluid Dynamics Laboratory et le scénario B utilise les résultats d'une analyse semblable effectuée par le Goddard Institute of Space Studies. L'étude évalue les incidences éventuelles de chaque scénario de variations climatiques sur les aspects suivants de l'agriculture en Ontario :

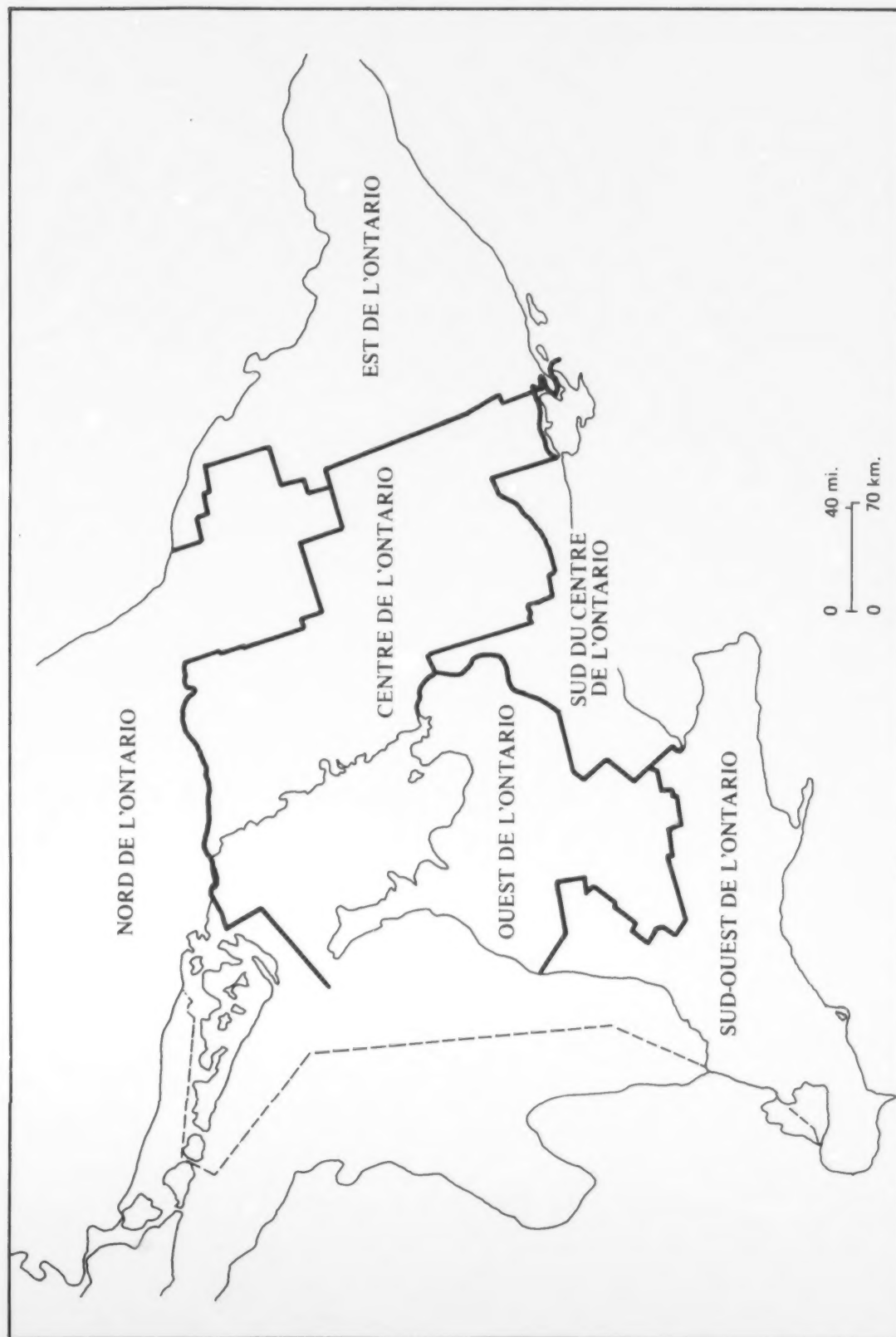
- 1) ressources climatiques aux fins de la production végétale,
- 2) niveaux de productivité des principales cultures,
- 3) niveaux et valeur actuels de la production végétale, et
- 4) qualité économique des terres aux fins de la production végétale.

L'étude vise à mesurer la vulnérabilité de chaque aspect de l'agriculture aux changements précis du climat plutôt que de prévoir les incidences du changement climatique sur le secteur agro-alimentaire. La vulnérabilité se mesure en comparant entre elles les adaptations possibles pour chaque aspect en fonction de changements donnés du climat actuel. Par conséquent, les analyses mettent en lumière l'orientation et l'ampleur des changements entraînés par le potentiel des cultures agricoles en Ontario.

3.2 Stratégie de recherche

- 1) L'étude évalue les conditions climatiques normales à long terme prévues pour chacun des scénarios. Les conditions analysées sont celles qui se répercutent sur le rendement des cultures, par exemple la température, la durée de la saison de végétation, la nébulosité, les précipitations et l'évapotranspiration potentielle.
- 2) Le rendement des cultures selon les scénarios climatiques est évalué en analysant les interactions complexes entre divers facteurs du climat, du sol et de la gestion. Les modèles de productivité végétale et d'autres analyses sont utilisés pour calculer le rendement pouvant être atteint sur le plan économique dans le cas de huit cultures principales produites sur divers types de terre dans toutes les régions de l'Ontario. Voici les cultures analysées : le maïs-grain, l'orge, l'avoine, le blé d'hiver, le soya, le foin, le maïs fourrager et les pommes de terre.
- 3) Les incidences du changement climatique sur la production et la valeur végétales sont déterminées d'après les modes actuels d'utilisation des terres. L'analyse consiste à comparer les niveaux de production actuels et la valeur des cultures aux variations du rendement moyen des cultures d'après chacun des scénarios de changement climatique. Par conséquent, l'étude isole les incidences du changement climatique sur la production actuelle plutôt que de prévoir l'adaptation probable des modes de production végétale.
- 4) La dernière étape de l'analyse fait le lien entre les variations du rendement économique et les zones de production dans six régions de l'Ontario (Figure 1). Encore une fois, tous les facteurs sont considérés constants sauf le climat et, ainsi, on détermine dans quelle mesure les possibilités de production de chacune des cultures dans les régions varieraient en fonction du changement des normales climatiques.

FIGURE 1: RÉGIONS AGRO-CLIMATIQUES DE L'ONTARIO



3.3 Résultats

3.3.1 Incidences du changement climatique sur les ressources climatiques aux fins de la production végétale

Le scénario de changement climatique A est caractérisé par de grandes augmentations de la température et des précipitations (Figure 2). Les augmentations de la durée de la saison de végétation varient de 35 à 54 jours. La saison de végétation dans le nord de l'Ontario, d'après le scénario A, serait semblable à la saison de végétation actuelle de 150 jours du sud de l'Ontario et de l'ouest de l'Ontario, tandis que la saison de végétation dans d'autres régions dépasseraient la saison de végétation actuelle de 160 jours du centre agricole du sud-ouest de l'Ontario. Les températures diurnes moyennes au cours de la saison de végétation dans le nord et dans l'est de l'Ontario s'élèveraient à près de 17 °C, et dans d'autres régions, dépasseraient 18 °C (Figure 2). D'après le scénario A, les précipitations augmenteraient de 70 mm à 90 mm, mais ces augmentations seraient largement contrebalancées par l'augmentation de l'évapotranspiration potentielle qui varierait de 170 mm à 213 mm (Figure 2).

Les augmentations de la température et des précipitations prévues d'après le scénario de changement climatique B sont plus grandes que celles prévues dans le scénario A (Figure 2). La durée de la saison de végétation dans le nord de l'Ontario, d'après le scénario B, dépasserait celle de la saison de végétation actuelle du sud-ouest de l'Ontario. Dans le centre, le centre-sud, l'ouest et le sud-ouest de l'Ontario, la saison de végétation pourrait dépasser 200 jours, ce qui est comparable à la saison de végétation actuelle du sud de l'Illinois. La température diurne moyenne au cours de la saison de végétation dans le nord de l'Ontario serait d'environ 17 °C et dépasserait 18 °C dans d'autres régions. Les précipitations augmenteraient de 105 mm à 150 mm d'après le scénario B. Cependant, l'incidence de ces précipitations plus élevées serait contrebalancée par une plus grande évapotranspiration potentielle, qui varierait de 230 mm à 280 mm.

3.3.2 Incidences du changement climatique sur le rendement des cultures

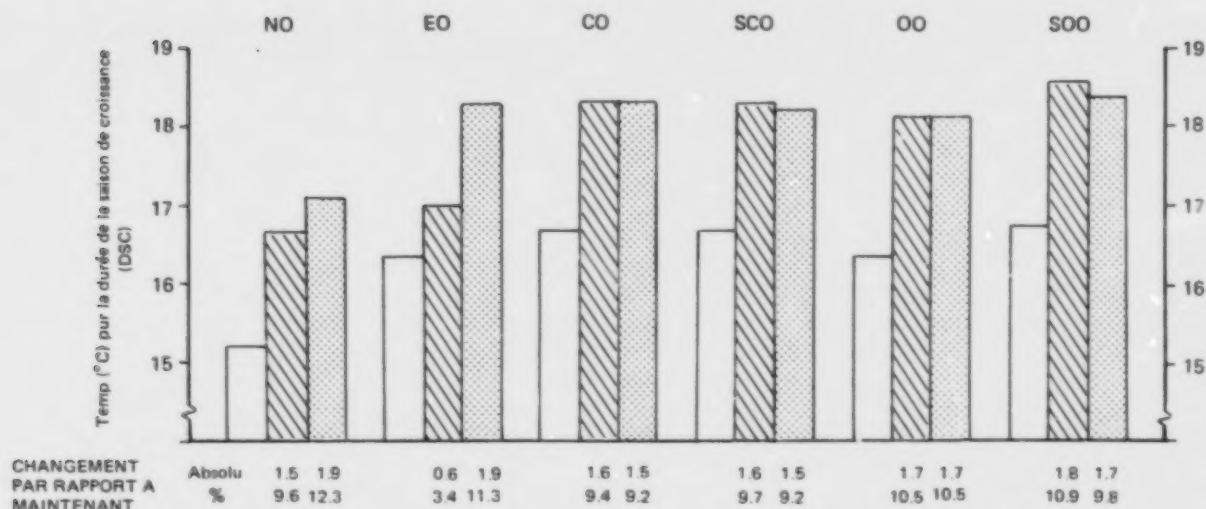
Les variations des conditions agro-climatologiques prévues dans les scénarios A et B se répercuteraient considérablement sur les niveaux de rendement des principales cultures de l'Ontario. Les résultats obtenus dans le cas du maïs-grain figurent au tableau 1. Des analyses semblables ont été entreprises dans le cas d'autres cultures. Un résumé des conséquences régionales des scénarios climatiques établis pour huit des principales cultures de l'Ontario est présenté dans les pages suivantes.

Dans le nord de l'Ontario, la diversité des cultures qui pourraient être produites serait plus grande et comprendrait le maïs-grain, le blé d'hiver et le soya. De plus, les niveaux de rendement des cultures fourragères et des céréales présentement produites dans le nord de l'Ontario augmenteraient considérablement selon les deux scénarios de changement climatique.

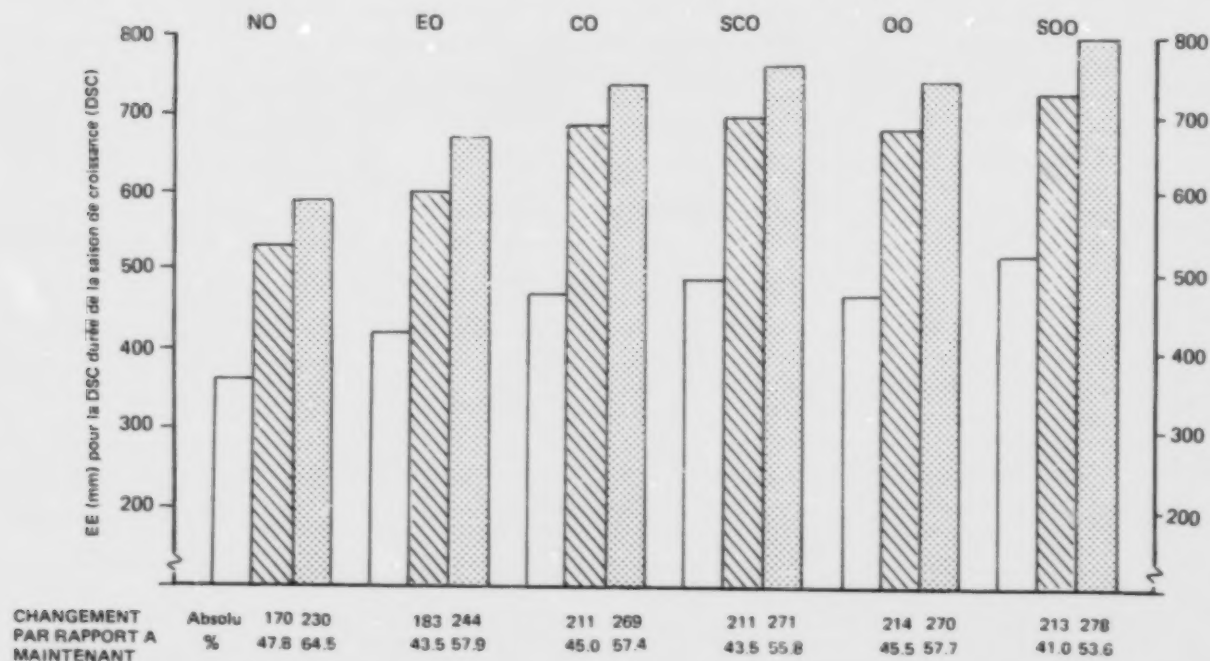
Les incidences des variations des conditions agro-climatologiques dans le centre et l'est de l'Ontario diffèreraient énormément de celles dans le nord de l'Ontario. Les augmentations estimées de la durée de la saison de végétation et des températures favoriseraient la croissance végétale dans ces régions, mais ces

FIGURE 2: EFFETS DU CHANGEMENT CLIMATIQUE SUR DES PARAMÈTRES CLIMATIQUES SÉLECTIONNÉS

TEMPÉRATURE DIURNE MOYENNE (TEMP)



ÉVAPOTRANSPIRATION ÉVENTUELLE (EE)



CONDITIONS CLIMATIQUES



RÉGIONS

- NO Nord de l'Ontario
- EO Est de l'Ontario
- CO Centre de l'Ontario
- OO Ouest de l'Ontario
- SCO Sud du Centre de l'Ontario
- SOO Sud-ouest de l'Ontario

Note: résultats analogues pour les autres paramètres climatiques

**TABLAU 1: EFFETS DU CHANGEMENT CLIMATIQUE SUR LE RENDEMENT
DU MAÏS EN GRAINS**

Région	Type de Terrain	RAR ¹ Actuels t/ha	Changement de RAR par Rapport à Maintenant:			
			Scénario A		Scénario B	
			t/ha	%	t/ha	%
NO	A,G	0.0	+8.1 **	-	+9.1 **	-
	B	0.0	+5.4 *	-	+6.8 **	-
	C	0.0	+5.6 *	-	+7.0 **	-
	D	0.0	+5.6 *	-	+5.7 *	-
	E	0.0	+2.7	-	+2.7	-
EO	A,G	5.4 *	+2.7 **	50.0	+3.4 **	62.2
	B	3.5	+1.4	39.0	+1.7	48.0
	C	3.8	+1.5 *	40.3	+1.9 *	49.9
	D	3.7	+2.9 **	79.4	+3.6 **	98.5
	E	1.8	+1.8	100.5	+2.3	126.8
CO	A,G	6.6 **	+1.2 **	18.3	+1.5 **	23.0
	B	4.6	-0.4	-9.0	0.0	-0.2
	C	5.0	-0.2	-3.7	+0.2 *	3.1
	D	4.3	+2.9 **	66.7	+2.9 **	66.8
	E	2.0	+2.3	113.3	+2.2	106.8
SCO	A,G	6.9 **	-0.4 **	-6.4	-0.2 **	-2.7
	B	4.0	-1.1	-26.4	-0.8	-19.5
	C	4.1	-1.0	-24.7	-0.7	-18.0
	D	5.9 *	+1.1 **	17.7	+1.0 **	17.0
	E	3.4	+1.0	27.9	+0.9	27.2
OO	A,G	6.9 **	+0.1 **	1.9	+0.2 **	2.8
	B	4.1	-0.6	-14.6	-0.5	-12.7
	C	4.4	-0.5	-11.9	-0.5	-10.2
	D	5.4 *	+1.5 **	27.0	+1.4 **	26.4
	E	2.8	+1.5	51.2	+1.4	50.5
SOO	A,G	7.3 **	-1.2 *	-16.7	-1.2 *	-16.9
	B	4.2	-1.4	-33.3	-1.4	-34.5
	C	4.2	-1.4	-33.2	-1.4	-34.3
	D	6.4 **	+0.5 **	8.1	+0.4 **	6.1
	E	3.7	+0.6	17.4	+0.6	15.3

¹ Rendements Agricoles Réalisables (poids à sec); t/ha = tonnes métriques/hectare

* Rendements suffisants pour une rentabilité modeste, compte tenu des conditions économiques actuelles

** Rendements suffisants pour une forte rentabilité, compte tenu des conditions économiques actuelles

L'absence d'astérisque indique que les rendements seraient insuffisants pour engendrer un profit à long terme

Régions

NO Nord de l'Ontario
EO Est de l'Ontario
CO Centre de l'Ontario
SCO Sud du Centre de l'Ontario
OO Ouest de l'Ontario
SOO Sud-ouest de l'Ontario

Type de terrains

A,G Bon Drainage
B Assez Bon Drainage
C Très Bon Drainage
D,E Mauvais Drainage

Note: Résultats analogues pour les autres récoltes

avantages auraient tendances à être contrebalancés par une augmentation du stress hydrique. Les incidences négatives du plus grand stress hydrique sur le rendement des cultures se remarqueraient particulièrement sur les terres qui résistent relativement mal aux sécheresses. Sur les terres qui présentent des réserves hydriques relativement grandes, le rendement de la plupart des cultures devrait augmenter.

Dans les régions du centre-sud, de l'ouest et du sud-ouest de l'Ontario, les niveaux de rendement de la plupart des principales cultures devraient baisser dans le cas de la plupart des types de terre d'après les deux scénarios de changement climatique. Les températures devraient dépasser les valeurs optimales pour la croissance végétale et le stress hydrique découlant des augmentations de l'évapotranspiration potentielle devrait être plus prononcé dans ces régions. Le rendement des menus grains, des graines oléagineuses et des pommes de terres serait celui qui subirait le plus les conséquences de ces conditions. Les rendements des céréales et du maïs fourrager sur des terres qui résistent mal aux déficits hydriques devrait baisser, mais il pourrait y avoir des augmentations sur les terres qui présentent une grande réserve hydrique.

3.3.3 Incidences du changement climatique sur le niveau et la valeur actuels de la production végétale

Le changement climatique réduirait les niveaux actuels et la valeur totale de la production végétale de la province. Par rapport aux tendances régionales actuelles de l'utilisation des terres et de la production végétale, la production de pommes de terre, de soya et de blé d'hiver semble être particulièrement vulnérable aux changements précis du climat. On pourrait prévoir des diminutions des niveaux de production d'avoïne et d'orge à l'échelle de la province ainsi que des niveaux de production du maïs-grain. La production et la valeur totale du foin seraient réduites considérablement selon le scénario A, mais selon le scénario B, il y aurait très peu de répercussions. Les deux scénarios de changement climatique n'influeraient que légèrement sur les niveaux provinciaux de production de maïs fourrager.

Selon le scénario A et en admettant que les tendances de la production, de la conjoncture économique, etc. ne changent pas, la réduction des niveaux de production des huit principales cultures de l'Ontario entraînerait une perte annuelle de 170 millions de dollars au total (tableau 2). Selon le scénario B, en admettant que tout autre élément reste constant, la valeur totale des cultures chuterait de 101 millions de dollars par année.

3.3.4 Incidences du changement climatique sur la valeur économique des terres aux fins de la production végétale

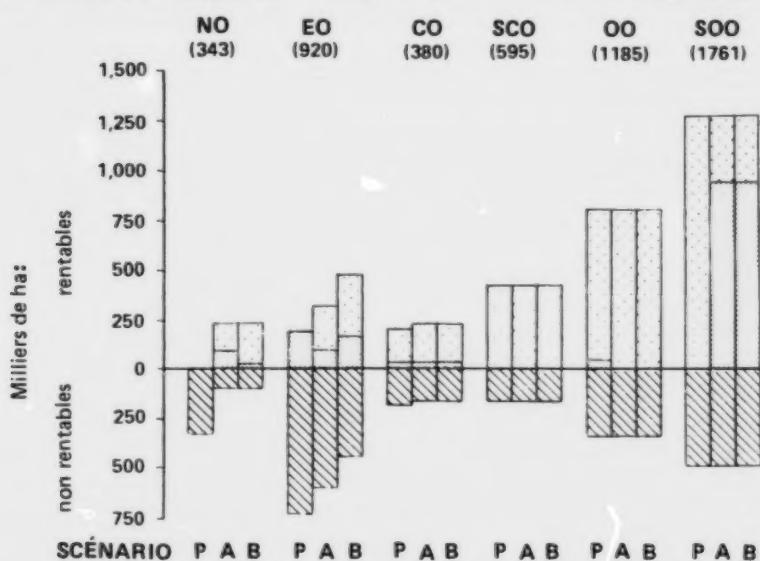
Du point de vue provincial, le changement climatique réduirait les possibilités économiques de la production de maïs-grain, de blé d'hiver, de soya et d'avoïne; il ne se répercuterait pratiquement pas sur les possibilités de production d'orge; il augmenterait le potentiel économique de la production de maïs fourrager.

**TABEAU 2 : INCIDENCES DU CHANGEMENT CLIMATIQUE SUR LES NIVEAUX ET LA VALEUR DE LA PRODUCTION VÉGÉTALE
DANS LA PROVINCE**

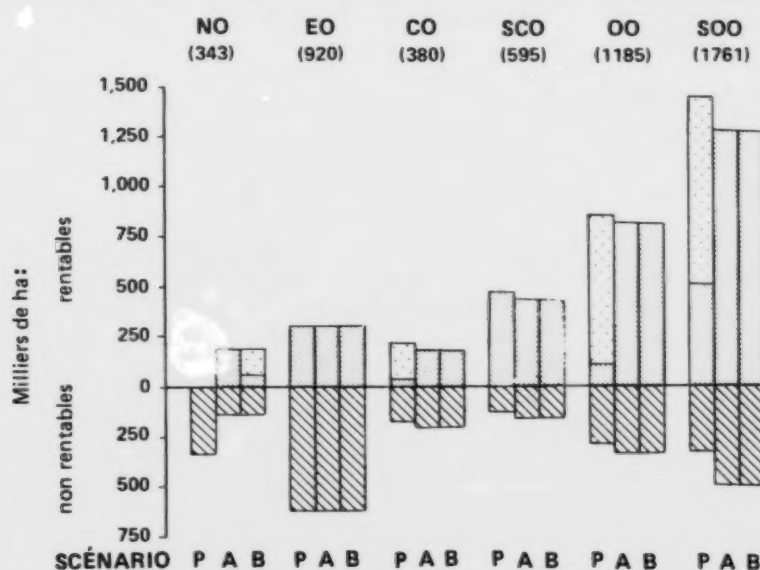
Culture	Prod. actuelle 000 t	Variation de la production Scénario A		Niveaux - Scénario B		Valeur actuelle 000 \$	Variation de la valeur totale Scénario A		Scénario B	
		000 t	%	000 t	%		000 \$	%	000 \$	%
Maïs-grain	4171	-245	-6	-212	-5	471323	-27685	-6	-23956	-5
Orge	946	-166	-18	-158	-17	97438	-17098	-18	-16274	-17
Avoïne	674	-78	-12	-76	-11	74733	-8649	-12	-8427	-11
Blé	665	-145	-22	-121	-18	95760	-20880	-22	-17424	-18
Soya	554	-155	-28	-121	-22	148472	-41540	-28	-32428	-22
Foin	6868	-833	-12	122	2	331450	-40201	-12	5888	2
Maïs fourrager	9275	-89	-1	140	2	173164	-1662	-1	2614	2
Pommes de terre	369	-119	-32	-101	-27	39483	-12733	-32	-10807	-27
Total	-	-	-	-	-	1431822	-170444	-12	-100814	-7

FIGURE 3: EFFETS DU CHANGEMENT CLIMATIQUE SUR L'OPPORTUNITÉ ÉCONOMIQUE DES RESSOURCES EN TERRES POUR LA PRODUCTION DES RÉCOLTES

Récolte: MAÏS EN GRAINS RÉGION (en milliers de ha disponibles)



Récolte: FÈVES DE SOJA RÉGION (en milliers de ha disponibles)



Terres dont le rendement suffit pour une forte rentabilité
 Terres dont le rendement suffit pour une rentabilité modeste
 Terres dont le rendement ne suffit pas pour un profit

RÉGIONS

NO Nord de l'Ontario
 EO Est de l'Ontario
 CO Centre de l'Ontario
 OO Ouest de l'Ontario
 SCO Sud du Centre de l'Ontario
 SOO Sud-ouest de l'Ontario

CONDITIONS CLIMATIQUES

P Présentes
 A Scénario A
 B Scénario B

Note: résultats analogues pour les autres récoltes

La zone de terres qui présente un potentiel économique de production de **maïs-grain** dans les régions du nord et de l'est de l'Ontario s'élargirait considérablement selon les scénarios A et B (figure 3). Ces changements climatiques n'auraient qu'une légère incidence sur la valeur économique des terres dans les régions du centre, du centre-sud et de l'ouest de l'Ontario. Dans la région du sud-ouest de l'Ontario, la zone de terres présentant un potentiel économique de production de **maïs-grain** ne subirait pas les conséquences des changements climatiques utilisés, mais un nombre moins grand de terres pourraient offrir un rendement des investissements élevés si elles sont utilisées aux fins de la production de **maïs-grain**. L'incidence globale des changements climatiques utilisés sur les possibilités économiques de production de **maïs-grain** serait une modeste augmentation de la zone totale qui conviendrait, sur le plan économique, à ce genre de culture, mais un déclin prononcé dans la zone qui présente un grand potentiel économique.

La superficie de terre dans le nord de l'Ontario qui, d'un point de vue économique, conviendrait à produire du **soya** ou du **blé d'hiver** s'élargirait considérablement selon les scénarios A et B (voir figure 3). Dans d'autres régions, surtout dans l'ouest et le sud-ouest de l'Ontario, il y aurait des pertes tant de la superficie totale qui présente un potentiel économique favorable à ces cultures que de la superficie qui peut offrir un rendement des investissements élevés lorsqu'elle est utilisée pour l'une ou l'autre de ces cultures. La perspective économique de la production de **soya** et de **blé d'hiver** en Ontario s'assombrirait selon les scénarios de variations climatiques.

Les pertes de potentiel économique pour la production d'**avoine** selon les scénarios A et B se limiteraient à l'ouest et au sud-ouest de l'Ontario. Les terres qui conviendraient sur le plan économique à la production d'**avoine** dans d'autres régions et d'**orge** dans toutes les régions ne seraient pas touchées par les variations climatiques précises.

Les perspectives économiques de la production de **maïs fourrager** seraient favorisées considérablement dans le nord, l'est et l'ouest de l'Ontario. Ces avantages seraient cependant contrebalancés quelque peu par une diminution des possibilités ailleurs. Dans l'ensemble, l'Ontario enregistrerait de légères augmentations des possibilités économiques pour la production de **maïs fourrager** selon les scénarios A et B.

4 PHASE II : CHANGEMENT CLIMATIQUE ET VARIABILITÉ AUX PALIERS DE L'EXPLOITATION, DE LA RÉGION ET DE LA PROVINCE

4.1 Introduction

La présente étude est la continuité de l'analyse de la phase I. La phase II utilise les données obtenues dans la phase I pour évaluer les incidences sur les possibilités de production pour l'exploitation, la région et la province. Elle met l'accent sur un seul scénario de changement climatique, lequel est associé au doublement des concentrations atmosphériques de CO₂ (scénario B de la phase I). En plus d'examiner le changement des normales climatiques (ou les moyennes à long terme), cette phase analyse les incidences de la variabilité du climat d'année en année par rapport à ces normales.

4.2 Stratégie de recherche

La première étape du projet consiste à évaluer les incidences éventuelles d'un milieu enrichi de CO₂ sur les ressources agro-climatiques partout en Ontario et la variabilité des précipitations selon les conditions climatiques actuelles et modifiées. Ces variations éventuelles des conditions climatiques liées à la production végétale est employée dans les autres étapes de l'étude.

Au palier de l'exploitation, l'analyse examine les incidences éventuelles du changements des normales climatiques à long terme sur la viabilité économique d'une exploitation céréalière au comptant "typique" du sud-ouest de l'Ontario et évalue dans quelle mesure les extrêmes de précipitations peuvent influencer sur les bénéfices agricoles dans les conditions climatiques actuelles et modifiées.

Au palier régional, l'incidence éventuelle du changement climatique et de la variabilité sur les possibilités de production de cultures de plein champs et de cultures horticoles est évaluée dans chacune des six régions de la province. L'analyse évalue également les possibilités de produire de nouvelles cultures en Ontario dans les conditions climatiques modifiées.

L'évaluation effectuée à l'échelle de la province examine les incidences éventuelles du climat modifié et des quantités de précipitations qui en découleraient sur le potentiel de production alimentaire de l'Ontario. L'analyse mesure jusqu'à quel point la réduction des possibilités de production d'une région pourrait être contrebalancée par des augmentations dans d'autres régions et offre ainsi une évaluation globale des conséquences du changement climatique sur les possibilités de production d'aliments à l'échelle de la province.

4.3 Analyse et résultats

4.3.1 Ressources agro-climatiques aux fins de la production végétale

Les incidences de l'augmentation des niveaux de CO₂ sur les normales climatiques ont été décrites dans la phase I : le climat du nord de l'Ontario ressemblerait à celui qui prévaut présentement dans le sud-ouest tandis que le climat modifié du sud de l'Ontario ressemblerait aux conditions climatiques actuelles du sud de l'Illinois, de l'Indiana et de l'Ohio. Dans de nombreuses régions de l'Ontario, les avantages agricoles de l'augmentation des précipitations seraient contrebalancés par une évapotranspiration potentielle, encore plus grande.

Cette phase se centre sur les anomalies du climat d'année en année. Les estimations de la variation actuelle des précipitations pour chacune des régions de l'Ontario visées ont été obtenues en utilisant les quantités de précipitations mensuelles enregistrées entre 1951 et 1981. Faute de renseignements sur la façon dont une variation des quantités de précipitations annuelles pourrait modifier le scénario climatique, on suppose que les précipitations tombées au cours de la saison de végétation continueraient de varier d'année en année de la même manière qu'au cours de la période allant de 1951 à 1981.

La combinaison de l'augmentation des précipitations prévue et d'une plus longue période de végétation devrait produire des augmentations considérables des quantités moyennes de précipitations totales pendant le temps des récoltes. Le régime climatique modifié serait également caractérisé par une augmentation considérable de la répartition des quantités de précipitations annuelles par rapport aux futures normales.

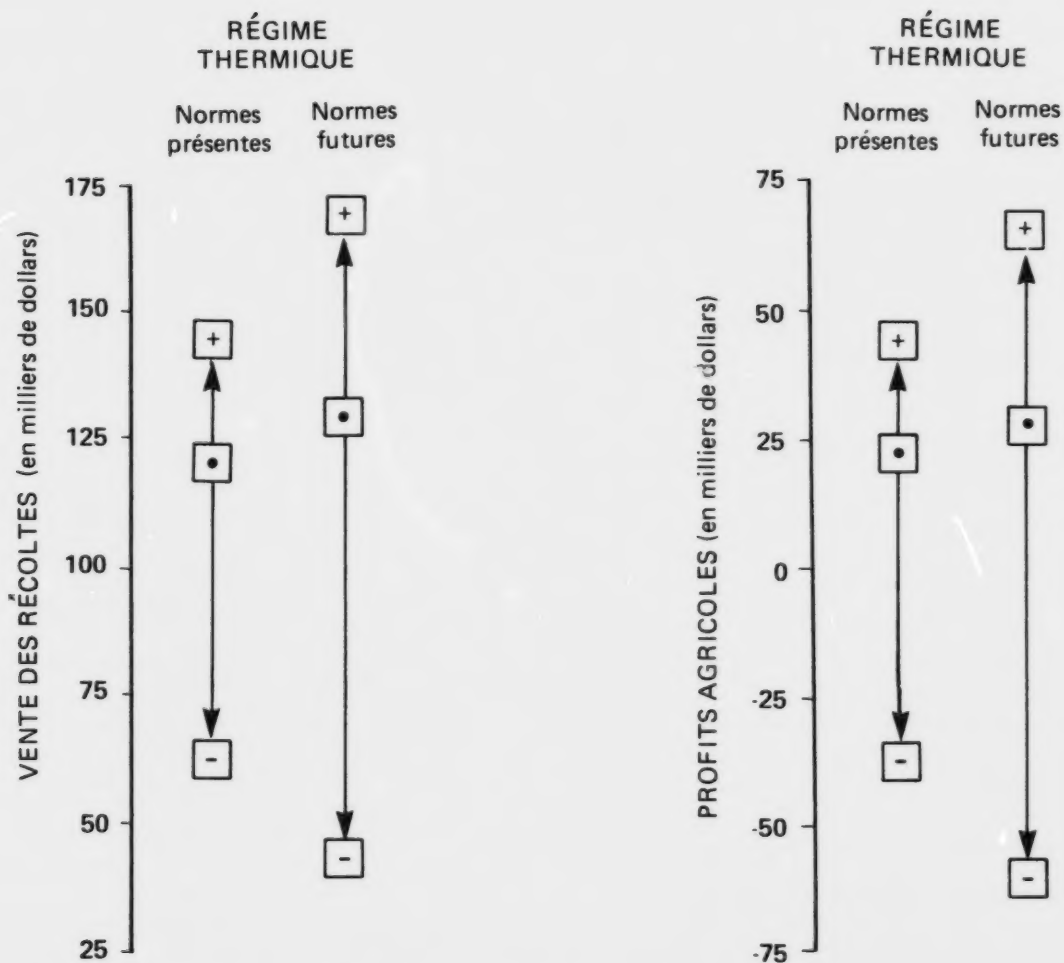
4.3.2 Évaluations au palier de l'exploitation

Un modèle d'exploitation céréalière au comptant est utilisé pour estimer les incidences du changement climatique sur l'affectation des ressources et la gamme des produits et ainsi sur les profits de l'exploitation. Les analyses sont menées en fonction d'une exploitation céréalière au comptant "typique" de 200 hectares dans le sud-ouest de l'Ontario. Le modèle est utilisé pour deux ensembles de conditions. Le premier ensemble évalue approximativement les conditions climatiques et économiques actuelles, tandis que le deuxième suppose le climat modifié caractérisé par le doublement de la concentration de CO_2 . Le rendement des céréales au comptant est ajusté pour faire état de l'environnement agro-climatique modifié et toutes les autres conditions, y compris les coûts de production et le prix des cultures, sont maintenus aux niveaux initiaux.

L'analyse détermine jusqu'à quel point la variabilité des précipitations présente un risque pour la production végétale et les profits agricoles. L'évaluation est faite en supposant que les décisions au sujet du fonctionnement de l'exploitation céréalière au comptant "typique" sont fondées sur les conditions économiques actuelles et les normales climatiques à long terme. Ainsi, le rendement des céréales est ajusté à celui estimé dans le cas des extrêmes de précipitations. De cette façon, on peut juger les incidences combinées du changement climatique et de la variabilité sur la production végétale, la valeur de la production et les profits agricoles.

Le changement à long terme des normales climatiques pourrait influencer grandement sur les exploitations céréalières au comptant dans le sud-ouest de l'Ontario (figure 4). Des profits agricoles beaucoup plus élevés seraient réalisables, mais il faudrait pouvoir se fier davantage à la production de maïs-grain. La vulnérabilité des systèmes agricoles monocultures aux fluctuations du marché et aux maladies et aux prédateurs, ainsi que les incidences négatives éventuelles de la production de cultures en rangs continus sur la qualité des terres, soulèvent plusieurs questions au sujet de la viabilité à long terme d'une telle entreprise agricole. En outre, les fluctuations des profits agricoles annuels attribuables aux extrêmes de précipitations auraient tendance à augmenter dans les conditions climatiques modifiées (figure 4). Cette instabilité pourrait entraîner d'autres problèmes au palier de l'exploitation, entre autres, un mouvement de trésorerie insuffisant et une augmentation des dettes.

FIGURE 4: VARIABILITÉ DES PRÉCIPITATIONS ET DE LEURS EFFETS SUR LA PRODUCTION DES RÉCOLTES ET LES DÉBOUCHÉS ÉCONOMIQUES AU NIVEAU DE L'EXPLOITATION AGRICOLE



- + Fortes précipitations
- Précipitations moyennes
- Faibles précipitations

4.3.3 Évaluations au palier régional

Possibilités de production des cultures de plein champ

Un modèle de productivité végétale est employé pour estimer dans quelle mesure les conditions thermiques et hygrométriques combinées limitent le rendement des cultures. Les estimations du rendement sont utilisées conjointement avec des données économiques sur les coûts de production, le prix des cultures, et les estimations des terres consacrées à la production végétale pour repérer les incidences de climats modifiés sur les possibilités de production de sept cultures de plein champ, sur sept types de terre, dans chaque région de l'Ontario.

D'abord, la réaction du rendement aux changements des normales climatiques à long terme est estimée en adaptant les paramètres du modèle de productivité végétale, lesquels fluctuent en fonction d'une augmentation de CO_2 dans l'atmosphère. Puis, les incidences des extrêmes de précipitations dans les conditions climatiques actuelles et modifiées sont estimées au moyen d'une méthode semblable.

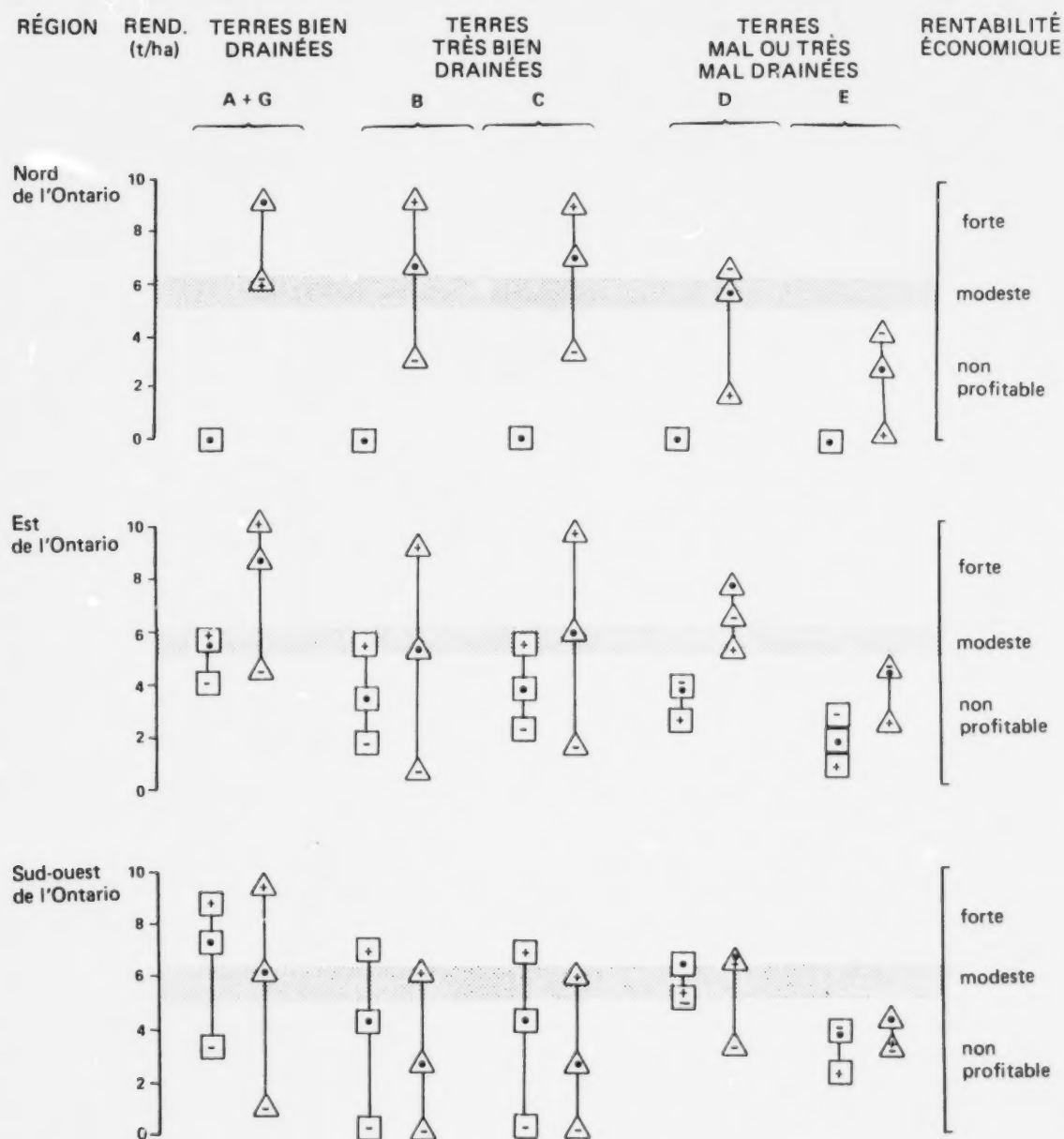
Dans le nord de l'Ontario, diverses cultures qui pourraient être produites en fonction d'un régime climatique modifié s'élargiraient et comprendraient le maïs-grain, le blé d'hiver et le soya. En outre, les niveaux de rendement des cultures fourragères et des céréales qu'on produit présentement dans le nord de l'Ontario augmenteraient considérablement. Les variations des précipitations d'une année à l'autre, cependant, mettraient grandement en danger la production végétale dans le nord de l'Ontario (figure 5). En général, les années plus sèches limiteraient la production sur des terres qui résistent mal aux sécheresses; cependant, ces pertes seraient contrebalancées par des possibilités accrues sur des terres présentant des réserves en eau relativement élevées. On pourrait s'attendre au contraire au cours des années où les quantités de précipitations sont au-dessus de la moyenne.

Dans les zones situées plus au sud en Ontario, le stress hydrique associé aux étés plus longs et considérablement plus chauds pourrait influencer négativement sur les possibilités de production de la plupart des cultures de plein champ, malgré la saison de végétation plus longue (tableau 3). Les plus grandes répercussions se feraient sentir sur les terres bien asséchées à excessivement bien asséchées au cours des années plus sèches. Cependant, le régime thermique modifié, combiné aux quantités de précipitations plus élevées que la moyenne au cours de la saison de végétation, favoriserait les possibilités de production de nombreuses cultures de plein champ.

Possibilités de production de cultures horticoles

Un plan de classification climatique est employé pour évaluer les incidences du changement des normales climatiques sur les possibilités de production de cultures horticoles. Les cultures horticoles sont divisées en cultures vulnérables au gel et aux températures hivernales. Les unités de chaleur du maïs sont utilisées comme critères premiers pour évaluer le potentiel climatique de ces cultures. La durée de la saison libre de gel et les extrêmes de températures hivernales sont utilisés comme critères secondaires pour évaluer les possibilités de production de cultures vulnérables au gel et aux températures hivernales respectivement.

FIGURE 5: EFFETS RÉGIONAUX DU CHANGEMENT CLIMATIQUE ET DE LA VARIABILITÉ SUR LE RENDEMENT DU MAÏS EN GRAINS



TABEAU 3 : INCIDENCES DU CHANGEMENT DU CLIMAT ET DES QUANTITÉS DE PRÉCIPITATIONS SUR LA VALEUR ÉCONOMIQUE DES TERRES AUX FINS DE LA CULTURE DU SOYA

RÉGION	DISPONIBILITÉ DES TERRES 000 ha	RÉGIME THERMIQUE	% DE LA RÉGION CONVENANT, SUR LE PLAN ÉCONOMIQUE, POUR LA CULTURE DU SOYA		
			Faibles précipitations	Précipitations moyennes	Précipitations élevées
Nord de l'Ontario	343	Actuel futur	0 69	0 58	0 60
Est de l'Ontario	920	Actuel futur	24 24	33 33	48 53
Sud-ouest de l'Ontario	1761	Actuel futur	80 19	81 72	83 83
Ontario	5183	Actuel futur	61 20	64 62	72 77

Les saisons de végétation plus longues et plus chaudes et les hivers plus doux combinés aux concentrations plus élevées de CO₂ pourraient accroître les possibilités de production de cultures horticoles partout en Ontario. Il serait possible de produire des cultures vulnérables au gel, par exemple le maïs sucré, partout dans la province. Les perspectives de production de cultures vulnérables aux températures hivernales extrêmes s'amélioreraient également; la production commerciale des pommes, par exemple, serait possible partout dans la province (tableau 4). Les augmentations prévues des températures d'été et d'hiver seraient assez élevées pour permettre la production de fruits tendres comme les raisins dans la plupart des régions du centre, du centre-sud, de l'ouest et du sud-ouest de l'Ontario; cependant, les climats modifiés dans l'est et le nord de l'Ontario ne conviendraient toujours pas à ce genre de cultures.

Possibilités de production de nouvelles cultures

Pour effectuer l'évaluation préliminaire des possibilités de produire de nouvelles cultures en Ontario sous un régime climatique modifié, il faut déterminer les régions des États-Unis où les conditions climatiques sont, à l'heure actuelle semblables à celles prévues dans le sud-ouest de l'Ontario sous le régime climatique modifié et également les cultures viables dans ces régions. Les conditions climatiques en Ohio, en Illinois, en Indiana et au Maryland se compareraient favorablement à celles prévues pour le sud-ouest de l'Ontario. Les renseignements sur la production végétale dans ces États est tirée des sommaires statistiques des États et du gouvernement fédéral.

Les possibilités de production de nouvelles cultures en Ontario sous le régime climatique modifié sembleraient plutôt limitées. Les avantages éventuels de ces changements climatiques se remarqueraient probablement dans deux secteurs. Premièrement, la plus longue saison et les cultivars présentant un plus grand rendement qu'on utilise présentement dans le centre des États-Unis conviendraient

TABEAU 4 : INCIDENCES DU CHANGEMENT CLIMATIQUE SUR LES POSSIBILITÉS DE PRODUCTION DE POMMES

RÉGION	RÉGIME CLIMATIQUE	AUCUNE	POTENTIEL CLIMATIQUE - POMMES			
			Piètre	Passable % de la région	Bon	Très bon
Nord de l'Ontario	Actuel	4	93	3	0	0
	futur	0	0	1	97	2
Est de l'Ontario	Actuel	0	13	70	18	0
	futur	0	0	0	72	28
Centre de l'Ontario	Actuel	0	3	9	89	0
	futur	0	0	0	18	82
Centre-sud de l'Ontario	Actuel	0	0	3	59	38
	futur	0	0	0	1	99
Ouest de l'Ontario	Actuel	0	0	28	21	51
	futur	0	0	0	0	100
Sud-ouest de l'Ontario	Actuel	0	0	0	0	100
	futur	0	0	0	0	100

selon toute probabilité, à l'Ontario. Deuxièmement, les températures plus chaudes, surtout au cours des mois d'hiver, seraient beaucoup plus favorables à la culture de fruits et légumes et la production ne serait pas limitée aux endroits situés près de lacs. On devrait pouvoir produire diverses cultures horticoles dans une grande partie de la province sous le régime climatique modifié.

4.3.4 Incidences du changement climatique sur le potentiel de production d'aliments en Ontario

La production agricole en Ontario courrait beaucoup plus de risques étant donné les changements précis du climat, surtout au cours des années où les précipitations seraient faibles. Ces anomalies à long terme feraient baisser modestement le potentiel de production, mais ces possibilités pourraient être récupérées au cours des années où les précipitations sont plus élevées que la moyenne au cours de la saison de végétation. Il y a plus de risques au cours des années plus sèches que la moyenne. Les années relativement sèches diminuent actuellement les possibilités de production d'aliments dans la province. De faibles précipitations, combinées aux anomalies positives des températures à long terme, limiteraient gravement les possibilités de production végétale et pourraient menacer la sécurité de l'approvisionnement en aliments de l'Ontario.

5 CONCLUSIONS

L'étude montre que le changement climatique risque d'avoir de profondes répercussions sur le secteur agro-alimentaire de l'Ontario. Vu les nouvelles possibilités de production agricole dans le nord de l'Ontario, on peut prévoir une grande expansion de l'économie agricole dans cette région. Dans d'autres régions, surtout dans le centre agricole du sud-ouest de l'Ontario, les perspectives de production de nombreuses cultures communes diminueraient. Il peut être possible de compenser ces pertes en produisant des cultures qui résistent mieux aux déficits hydriques. Dans tous les cas, il existe des ramifications importantes dans l'infrastructure du secteur agro-alimentaire établie en Ontario.

Il pourrait être coûteux d'ignorer ces changements, tant pour l'exploitant que pour toute la province. Cependant, l'adaptation aux conditions modifiées amène certaines perspectives intéressantes. Outre la possibilité d'accroître l'économie agricole dans le nord et l'est de l'Ontario, on a la possibilité de diversifier l'agriculture dans d'autres régions de la province. La durée de la saison de végétation devrait devenir moins astreignante, mais le déficit hydrique devrait devenir une contrainte plus importante.

Les répercussions sur d'autres secteurs et sur les lignes de conduite sont très variées. Par exemple, les conséquences sont évidentes dans le cas de l'assurance des récoltes. Les activités de reproduction des cultures pourraient être consacrées surtout aux cultures hybrides qui résistent aux déficits hydriques. On risque de devoir entreprendre des projets de traitement et de commercialisation de nouveaux produits. On peut envisager une plus grande utilisation de l'irrigation, faisant accroître la demande en approvisionnement en eau à un moment où d'autres secteurs doivent également utiliser une quantité d'eau restreinte.

Ces conclusions sont très théoriques. Très peu de recherches ont été effectuées à propos des incidences écologiques et socio-économiques du changement climatique et il y a beaucoup d'incertitudes. On ne s'entend pas vraiment sur les délais dans lesquels se produiront les changements éventuels et d'autres conditions qui influent également sur l'agriculture et d'autres secteurs de l'économie changent également. Cependant, les incidences éventuelles des changements climatiques associés à l'effet de serre sont d'une ampleur assez grande pour qu'on détermine les secteurs vulnérables et qu'on envisage des lignes de conduite à cet effet.

6 REMERCIEMENTS

La recherche résumée dans ce document a été menée en vertu d'un contrat par le Land Evaluation Group (LEG) de l'Université de Guelph. Le LEG est une équipe interdisciplinaire de scientifiques des facultés de l'économie et des affaires agricoles, de géographie, des ressources en terres et de l'école de planification et de développement rurale de l'université.

L'équipe de recherche comprenait Barry Smit (directeur de projet), Michael Brklacich (directeur de projet), Deborah Bond, Murray Brown, Ronald Lohr, Ray McBride, Murray Miller, Truman Phillips et Stephen Rodd.

La recherche a fait appel aux compétences combinées des scientifiques du LEG, d'Agriculture Canada et du Service de l'environnement atmosphérique. L'équipe de recherche désire remercier de leurs contributions et de leur soutien la Direction de recherche et la Direction de développement régionale d'Agriculture Canada, le Service de l'environnement atmosphérique d'Environnement Canada et le ministère de l'Agriculture et de l'Alimentation de l'Ontario.